



MANUAL DO ELECTRICISTA INSTALADOR

João Carlos Cumbane

Maputo, 2019

Sobre Autor:

João Carlos Cumbane (Moçambicano)

Licenciado em Ensino de Electrónica pela **UP-ESTEC**

Técnico médio em Sistemas Eléctricos Industriais Pela **IICM**

Técnico básico em Climatização e Refrigeração Pela **ATS, Lta**

Técnico básico em Contabilidade Pela **CCD-UEM**

Monitor no Curso de Licen. em engenharia electrónica **UP-ESTEC** ,2018

Formador do curso de Electricidade instaladora no Instituto **MINVIA**,2017

Docente assistente do curso Electricidade Industrial no Instituto **ICAEG**,2016

Docente no Instituto Politécnico de Emprego e Gestão de Negócio **INATEC**,2019

Revisão técnica:

Manuel Maria Polainas Bolotinha (Português)

Mestre em engenharia electrotécnica e de computadores pela FCT-UNL (Em Portugal) e Membro do IEEE

Docente universitário

Edson Carlos Ferrão Muleia (Moçambicano)

Mestre em engenharia eléctrica na University of Technology-Hanoi (Em Vietnam)

Docente universitário

NOTA DO AUTOR

Este material não tem a pretensão de esgotar, tampouco inovar o tratamento do conteúdo aqui abordado, mas, simplesmente, facilitar a dinâmica do estudo na área, com expressivo ganho de tempo e de compreensão do assunto por parte dos leitores. Desta o autor recomenda consulta a variedade de obras dessa área com vista a desenvolver maior entendimento. O presente manual foi compilado com base a várias fontes referências, devidamente citadas nas referências bibliográficas, nos apontamentos de aula no ensino médio e superior, na experiência do autor e na abordagem do assunto como aluno assim como técnico actuando na profissão de técnico em instalações eléctricas e formador.

Autor

Manual de electricista instalador (Edição preliminar)

Todos os direitos reservados e protegidos ao autor

Apesar dos melhores esforços dos autores, do editor e dos revisores, é inevitável que surjam erros no texto. Assim, são bem-vindas as comunicações de usuários sobre correcções ou sugestões referentes ao conteúdo ou ao nível pedagógico que auxiliem o aprimoramento de edições futuras.

Contacte o autor:

Jocacumbane@gmail.com

www.Tecnicoestudos.blogspot.com

+258 845045171

Agradecimentos

Meu muito obrigado ao Mestre Manuel Bolotinha e Mestre Edson Muleia pelo apoio, acompanhamento e revisão do presente trabalho, aos meus pais pelo apoio incansável nos meus estudos, pela força que sempre depositaram e muita motivação.

Ao meu irmão Armindo Carlos Cumbane pelo acompanhamento com o AUTOCAD no desenho de algumas imagens.

Dedicatória

Este trabalho dedico aos meus pais Carlos José Luís Cumbane e Maria Armindo Homo, aos meus irmãos Armindo Carlos Cumbane técnico em manutenção mecânica industrial, Ruth Carlos Cumbane e Marcelo Carlos Cumbane.

Índice

1. Introdução.....	9
2. Carreira profissional em electricidade.....	10
2.1 Engenheiro Electrotécnico.....	10
2.2 Engenheiro técnico Electrotécnico.....	10
2.4 O engenheiro ou técnico da eléctrica.....	10
2.5 Técnico da área eléctrica.....	10
2.6 Certificação e Formalização.....	11
2.7 Ensino técnico-profissional.....	12
3. Equipamentos eléctricos e Normalização.....	13
3.1 Equipamento eléctrico.....	13
3.2 Fusíveis.....	14
3.3 Disjuntor.....	18
3.3.1 Características dos disjuntores de Baixa Tensão.....	19
3.3.2 Curvas características de disparo:.....	19
3.4 Calibre do disjuntor.....	20
Tensão estipulada.....	21
Rele térmico.....	25
3.5.1 Selectividade da protecção.....	25
3.6 Normalização.....	26
3.7 Unificação no ramo da Electrotécnica.....	29
3.8 Regulamento.....	29
3.9 Simbologia.....	30
4. Distribuição de energia eléctrica.....	35
4.1 Geração de energia.....	35
4.2 Linha eléctrica.....	35
5. Tensões normalizadas.....	37
4.3 Posto de transformação.....	41
4.3.1 Cabine alta ou vulgarmente chamada tipo torre.....	41
4.3.2 Tipo cabine baixa (Alvenaria).....	42
4.3.3 Tipo B (Pórtico).....	42
4.3.4 Tipo M1.....	43
4.3.5 Tipo M2.....	43

4.4	Instalação de um grupo gerador.....	50
4.4.2	Sistemas de operação de um grupo gerador.....	51
4.5	Determinação da capacidade do grupo gerador	52
6.	Dimensionamento de instalações eléctricas.....	54
5.1	Instalação eléctrica	54
5.3	Alimentação das instalações.....	55
5.4	Potências nominais a considerar no dimensionamento das instalações.....	55
5.4.1	Outras cargas específicas no projecto eléctrico	59
5.5	Determinação da capacidade da capacidade do PT público	61
5.6	Alimentadores dos motores	63
5.8	Determinação da secção do condutor.....	68
5.8.1	Ligação a terra.....	70
5.9	Motores eléctricos	74
5.9.1	Motor eléctrico	74
5.9.2	Aplicação de motores eléctricos.....	74
5.10	Luminotecnia	76
5.10.1	Aplicação da luz natural	77
5.10.2	Aplicação da luz artificial	78
7.	Operação de equipamentos electricos.....	84
6.1	Operação dos seccionadores	84
6.1.1	Procedimentos de manobra de corte.....	84
6.2	Procedimentos de manobra de Motores eléctrico de corrente contínua	86
6.3	Procedimentos de manobra de Transformador de Força	87
6.3.1	Energização do transformador seco.....	88
6.3.2	Energização do transformador a óleo.....	88
6.3.1	Identificação dos terminais dos transformadores.....	88
6.4	Energização de motores eléctricos de corrente alternada	89
6.4.1	Identificação dos terminais de um motor trifásico.....	89
6.5	Identificação dos terminais do motor trifásico CA	90
8.	Ferramentas de trabalho em electricidade	91
7.1	Ferramentas de Montagem ou de adaptação.....	91
7.10	Ferramentas de Medição ou verificado	95
9.	Manutenção eléctrica	97

8.1 Manutenção	97
8.2 Substituição	97
8.3 Manutenção de motores eléctricos de corrente alternada	99
8.3.1 Verificação do curto-circuito do condensador e circuito aberto.....	100
8.3.2 Ensaios efectuados em motores para determinação a avaria.....	101
8.3.2.1 Como abrir um motor	104
8.3.2.2 Limpeza dos motores eléctricos.....	105
8.4 Rebobinagem	110
.....	112
8.5 Manutenção de motores eléctricos de corrente contínua.....	113
a) Curto-circuito no indutor.....	113
8.6 Manutenção de instalações eléctricas	115
10. Técnicas de montagem de uma instalação eléctrica	119
9.1 Execução de instalações eléctricas externa	119
9.2 Técnicas de canalização	121
11. Eficiência energética e correcção de factor de potência.....	133
Elementos principais de avaliação da qualidade de energia.....	134
Técnicas de economia energética	135
2.1 Eficiência de energia	136
10.1 Eficiência nos motores	137
10.1 Correcção de factor de potência	142
10.2 Localização de condensadores na instalação industrial	143
10.3 Estimativa do factor de potência	144
10.4 Como corrigir o factor de potência	144
Algumas Relações matemáticas sobre o factor de potência	146
12. Bibliografia.....	148

1**Introdução**

A utilização da energia eléctrica de uma forma mais racional e eficiente, constitui uma das principais preocupações actuais do sector eléctrico em qualquer parte do planeta. Esta necessidade tem requerido pesquisas contínuas que contemplem a operação, de forma optimizada, de um dos equipamentos mais tradicionais do sector, o transformador de potência. Moçambique é um país em desenvolvimento, por esta razão não rica em normas técnicas e regulamentos. Para o uso nacional são aplicadas as normas portuguesas as quais deram origem aos demais regulamentos. O mundo técnico dos electricistas, carece de manuais que tragam a realidade aplicada no mercado de trabalho, com vista a essa carência suscita-se a produção desse Manual que não substituindo os demais livros, convém ajudar os técnicos da área de Electricidade.

Carreira profissional em electricidade

No entanto, dada a diversidade de tarefas a desempenhar podem dividir-se estes profissionais em grandes grupos independentemente da empresa onde trabalham, assim temos:

2.1 Engenheiro Electrotécnico

Cuja a função geral é investigar assuntos sobre a Electricidade estabelecer plano ou dar parecer sobre instalações, equipamentos para a sua construção, montagem, funcionamento, manutenção e reparação.

2.2 Engenheiro técnico Electrotécnico

Estuda, concebe e projecta diversos tipos de instalações eléctricas, prepara e fiscaliza a sua fabricação, montagem, funcionamento em conservação, executa as funções de Engenheiro Electrotécnico, para as quais seja suficiente a formação adquirida dentro dos limites impostos pela Lei.

Dentro das categorias gerais do electricista podemos subdividi-la em:

- ➔ Electricista de Baixa Tensão
- ➔ Electricista de Alta Tensão
- ➔ Electricista de Construção civil
- ➔ Electricista Naval
- ➔ Electricista de Aeronáutico
- ➔ Electricista Auto
- ➔ Etc..

Como podemos constatar por esta pequena amostragem a diversidade e enorme.

2.4 O engenheiro ou técnico da eléctrica

O engenheiro é o profissional de formação universitária ou do instituto superior, encarregado do projecto, implantação e manutenção do sistema eléctrico e a ele cabem as seguintes tarefas:

- ☞ Planear e dimensionar o sistema eléctrico
- ☞ Fazer o orçamento do sistema eléctrico
- ☞ Identificar locais para instalação dos equipamentos
- ☞ Seleccionar os equipamentos
- ☞ Prever fontes de energia para alimentar os equipamentos
- ☞ Especificar as obras civis necessárias à implementação do sistema eléctrico
- ☞ Prever a ampliação do sistema eléctrico
- ☞ ...

2.5 Técnico da área eléctrica

É o braço direito do engenheiro, quase sempre a sua formação é mais específica e voltada para uma área de interesse, como Redes, Transmissão, Comutação, etc. Ele pode auxiliar em projecto, na manutenção e nas instalações de equipamentos do sistema eléctrico, nos trabalhos desenvolvidos em fábricas, laboratórios ou externamente, em trabalho de campo.

Cabem aos técnicos tarefas como:

- ☞ Efectuar operações de correcção, ajuste e manutenção, segundo as instruções do fabricante ou manual de procedimento energético da empresa;
- ☞ Analisar e interpretar anomalias de funcionamento e formular hipóteses de causas prováveis;
- ☞ Aplicar e respeitar as normas e os regulamentos relacionados com a actividade que desenvolve;
- ☞ Aplicar e respeitar as normas de protecção do ambiente e de prevenção, higiene e segurança no trabalho;
- ☞ Executar instalações de baixa tensão, nomeadamente instalações de utilização, de alimentação, comando, sinalização e protecção, e industriais;
- ☞ Efectuar a manutenção e reparação de instalações de utilização, industriais e de distribuição de energia eléctrica;
- ☞ Efectuar a instalação, manutenção e reparação de equipamentos específicos na área da demótica;
- ☞ Efectuar estimativas de custos e orçamentos de instalações.
- ☞ Seleccionar criteriosamente componentes, materiais e equipamentos, com base nas suas características tecnológicas e de acordo com as normas e os regulamentos existentes;
- ☞ Interpretar e utilizar correctamente manuais,

Ainda pode-se encontrar os seguintes profissionais como derivados da Electrotécnica.

- ☞ Montador Electricista
- ☞ Electricista de Manutenção Industrial
- ☞ Instrumentista de Manutenção Industrial
- ☞ Técnico de electrónica
- ☞ Técnico Industrial de Mecatrónica
- ☞ Técnico de Informática industrial

2.6 Certificação e Formalização

Assim como as empresas, qualquer instituição empregadora exige certificação, diplomações técnicas e simples habilitações de fabricantes. Em Moçambique, graças ao desenvolvimento dos centros de formação para a área Electrotécnica existe em um número enorme, duas Universidades Públicas de renome (UEM) Universidade Eduardo Mondlane na Faculdade de engenharia e a UP (Universidade pedagógica) no departamento de engenharia da ESTEC (Escola Superior Técnica), além destas existe, demais universidades privadas, instituições do ensino médio técnicos privadas e públicas.

Para o nível de licenciatura em engenharia da área Electrotécnica, cabe uma duração de 5 anos em qualquer das instituições e 3 anos ao técnico médio.

2.7 Ensino técnico-profissional.

O Ensino Técnico-Profissional estrutura-se neste momento em dois níveis: o nível básico e o nível médio, ambos com a duração de três anos, e é organizado por ramos: comercial, industrial e agrícola. O critério mínimo de ingresso é a conclusão da 7ª classe para o nível básico, e, para o nível médio, a conclusão da 10ª classe do Ensino Secundário Geral ou do 3º ano do nível básico do Ensino Técnico-Profissional. Este nível de educação não é gratuito, havendo cobrança de propinas. De acordo com o Ministério da Ciência e Tecnologia, Ensino Superior e Técnico-profissional em sua página Web publicação de 14/04/2018 o Ensino Técnico-Profissional está numa fase de reforma, com enfoque na introdução de um sistema educativo modular (Ensino baseado em competências), seja ao nível básico, seja ao nível médio, que vai resultar em diferentes tipos de certificados.

Em Moçambique as formações da área electrotécnica são divididas em vários curso do médio técnico e em engenharia nomeadamente:

- ⇒ Médio técnico em electrónica industrial (Regime regular em extinção)
- ⇒ Médio técnico em sistemas eléctricos industriais (Em extinção)
- ⇒ Médio técnico em Manutenção eléctrica (Regime modular)
- ⇒ Engenharia Eléctrica (Como o que dado pela UEM)
- ⇒ Engenharia electrónica (Como o que é dado pela ESTEC)
- ⇒ Engenharia electrotécnica (Exclusivo da UCM-Universidade Católica de Moçambique)
- ⇒ Engenharia electrónica e telecomunicações (Escola Náutica)
- ⇒ Engenharia em telecomunicações e rádio técnica (Escola Militar)

De um modo geral um profissional deve ter duas exigências, formação e registo.



Figura 2.1 Requisitos de um bom Profissional Fonte: [Autor]

3

Equipamentos eléctricos e Normalização

3.1 Equipamento eléctrico – é uma unidade operacional ou funcional de composição única, que exerce uma ou mais funções eléctricas ligadas ao processo de geração, de transmissão, de distribuição ou da utilização de energia eléctrica.

Classificação dos equipamentos eléctricos quanto a característica:

- ✓ Fixos
- ✓ Estacionárias
- ✓ Portáteis
- ✓ Manuais



Figura 3.1 Transformador de distribuição Fonte: [Autor]

A classificação dos equipamentos ainda pode ser em função da tarefa a exercer podendo deste ser classificado:

Equipamento de Manobra- destinado a abrir ou fechar circuito de modo a isola-lo de uma outra parte do sistema.

- ✗ Seccionadores;
- ✗ Interruptores;
- ✗ Disjuntores;
- ✗ Contactares

Equipamentos de Protecção-destinados a actuar em caso de uma anomalia do sistema.

- ✗ Fusíveis
- ✗ Disjuntores (Em baixa tensão)
- ✗ Reles

Equipamento de transformação – são utilizados para fazer variar (aumentar ou diminuir) a tensão.

- ✗ Transformador



Em um sistema eléctrico jamais deverá ser aberto um seccionador em carga, pois ele não possui poder de corte. Como recomendação deverá ser dependente do disjuntor.

3.2 Fusíveis

Os fusíveis são dispositivos que operam pela fusão do seu elemento metálico com características especiais de tempo por corrente. Já os relés constituem uma gama de dispositivos que oferecem protecção aos sistemas eléctricos nas mais diversas formas: sobrecarga, curto-circuito, sobretensão, sob tensão. (Mamede,2015)

Em uma classificação mais como pode-se basear na tabela 3.2

Tabela 3.2 Alguns modelos de fusíveis [Adaptado, Vários]

Tipo	Características	Aplicação	Imagem
Tipo NH	*Categoria de utilização gL/gG *Correntes nominais de 6 até 1250A * Elevada capacidade de interrupção de 120kA em até 500VCA.	Na protecção de sobre correntes de curto-circuito e sobrecarga em instalações eléctricas industriais	
Fusíveis Neozed	*Categoria de utilização gL/gG * Limitadores de corrente são aplicados para até 50kA em 400VCA. * Possui anéis de ajuste que evitam alteração dos fusíveis *A fixação pode ser rápida por engate sobre trilho ou por parafusos.	Na protecção de curto-circuito em instalações típicas residenciais, comerciais e industriais	
Cartucho	*Categoria de utilização gL/gG *Correntes nominais de 2 até 63A * Capacidade de interrupção de 100kA em até 380VCA.	Proteger circuitos eléctricos em geral, tais como: os condutores, os aparelhos eléctricos, os consumidores/instalações residenciais	

3.2.1 Curvas características

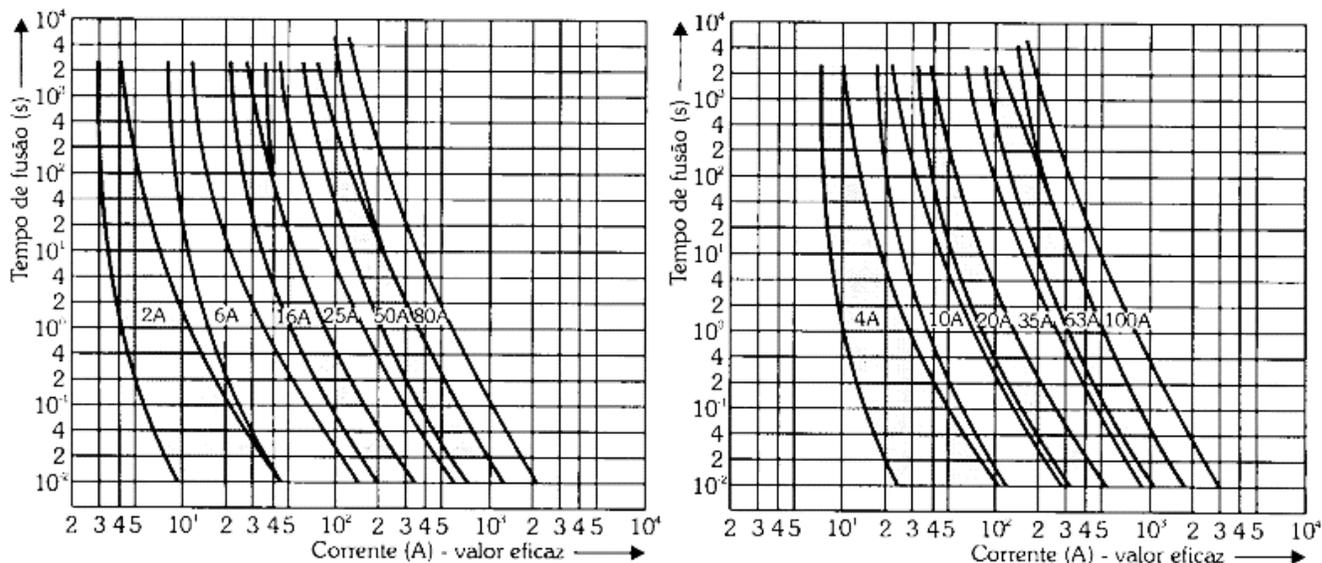


Figura 3.2.1 Curvas dos fusíveis Neozed Fonte: [Carvalho,14 edição]

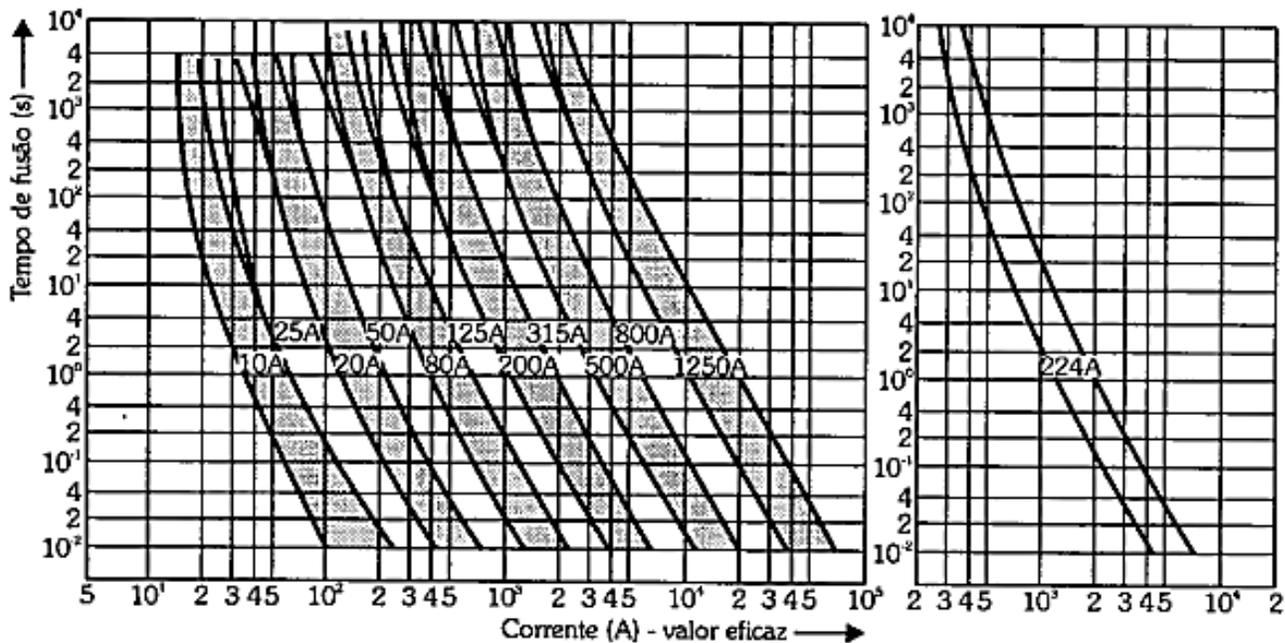


Figura 3.2.1.1 Curvas dos Fusíveis NH Fonte: [Carvalho ,14 edição]

Existem vários critérios para a determinação do calibre do Fusível, esses critérios são de extrema importância consoante a natureza do projecto.

Podemos distinguir o critério consoante o equipamento a proteger:

- a) Para a protecção do Motor.

Nessa protecção deve-se ter em conta o tempo de arranque do motor e a corrente de arranque.

i) **Corrente nominal do Motor**

Pode ser consultada na chapa característica ou calculada pelas expressões:

$$\text{Motor Monofásico } I_n = \frac{P_n (kW)}{Vx\cos\phi x\eta} \quad V- \text{ em Volts [v]}$$

$$\text{Motor Trifásica } I_n = \frac{P_n(kW)}{\sqrt{3}Vx\cos\phi x\eta} \quad I_n- \text{ em Ampere [A]}$$

ii) **Corrente de arranque**

Essa corrente depende de um factor multiplicador que também é consultada na chapa característica, caso não esteja visível pode se basear em:

Tabela 3.2.1 Corrente de arranque Fonte: [Adaptado, Máquinas eléctricas Engº. Benvindo,2015]

Motor	De rotor em curto-circuito				Rotor bobinado
	Directo	Estrela-Triângulo	Resistências Estatóricas	Autotransformador	Resistências rotóricas
Corrente de arranque	4 a 8 In	1,3 a 2,6 In	4,5In	1,7 a 4 In	Inferior a 2,5 In
Binário de arranque	0,6 a 1,5 Mn	0,2 a 0,5 Mn	0,6 a 0,85 Mn	0,4 a 0,85 Mn	Inferior a 2,5 Mn
Tempo médio de arranque	2 a 3s	3 a 7s	7 a 12s	7 a 12s	7 a 12s
Observações	Simple e Barrato	Relativo	Possibilidade de regulação	Boa relação Binario/corrente	Muito boa relação Binario /corrente

$$I_{arr} = K * I_n$$

K- Factor multiplicador de corrente de arranque.

iii) **Calibre do Fusível**

O calibre do fusível depende do tipo de fusíveis utilizados (gL/gC ou aM). Os fusíveis são habitualmente utilizados, na alimentação de motores, para a protecção contra curto-circuitos, fazendo-se a protecção contra sobrecargas por relés térmicos, do tipo bimetálico. É habitual utilizarem-se fusíveis do tipo aM. O calibre dos fusíveis é definido em função da regulação do relé térmico.

Tabela 3.2.1.1 Intensidade estipulada de fusíveis de protecção de motores Fonte: [BOLOTINHA, Manuel]

Potência do motor – valores aproximados (kW)	Corrente de regulação do relé térmico (A)	Intensidade estipulada ¹ do fusível (A)	
		aM	gC
0,03-0,07	0,1-0,16	0,25	2
0,08-0,6	0,16-1,25	0,25	2
0,12-0,2	0,25-0,4	1	2
0,2-0,3	0,40-0,63	1	2
0,3-1	0,63-1	2	4
1-1,2	1-1,16	2	4
0,9-1,1	1,25-2	4	6
1,2-2	1,6-2,5	4	6
1,2-2	2,5-4	6	10
2-3	4-6	8	16
3,4-4	6,5-8	12	20
3,6-5	7-10	12	20
4,6-7	9-13	16	25
6-9	12-18	20	35
8,8-13	17-25	25	50
12-18	23-32	40	63
15,5-20	28-36	40	80
16,6-22	30-40	40	100
20-42	37-50	63	100
40-55	48-65	63	100
46-60	55-70	80	125
53-68	63-80	80	125
68-79	80-93	100	160

- a) Pode ser determinada de forma simplificada a capacidade do fusível pela expressão

$$I_{fusivel} = \frac{I_{arranque}}{2,5}$$

e o seu resultado devera-se ser aproximado em excesso.

- b) Em função da corrente de arranque e o tempo da mesma faz o cruzamento para achar o calibre do fusível a partir das curvas.

¹ Valor estipulado (para equipamentos): Valor de uma grandeza fixado, em regra, pelo fabricante para um dado funcionamento especificado de um componente, de um dispositivo ou de um equipamento – **RTIEBT – Capítulo 212.1**; este valor corresponde ao anteriormente designado por “valor nominal”, designação que *actualmente é apenas utilizada para redes*.

Para efeito de projecto residencial pode-se basear na tabela abaixo.

Tabela 3.2.2 Calibre de Fusíveis em instalações residências Fonte: [Adaptado, instalações eléctricas, Bossi 1978]

Secção do condutor (mm ²)	Protecção (A)
1,5	10
2,5	15
4	20
6	25
10	35
16	60
25	80
35	100

c) De forma mais simplificada o calibre do fusível pode ser seleccionado da seguinte forma

$$I_{Fusivel} = 1,2 * I_{Nominal}$$

3.3 Disjuntor – é um equipamento destinado a interromper as correntes de serviço e de curto-circuito e de extinguir o respectivo arco eléctrico.

Quando se fala em disjuntor, para o público em geral atribui-se a ideia do pequeno disjuntor termomagnético utilizado nos circuitos eléctricos de residências, edifícios e indústrias, em vez de fusíveis. Porém existem disjuntor de maiores tamanhos aplicados em media e alta tensão, esses tem sua constituição um circuito responsável pelo seu disparo.

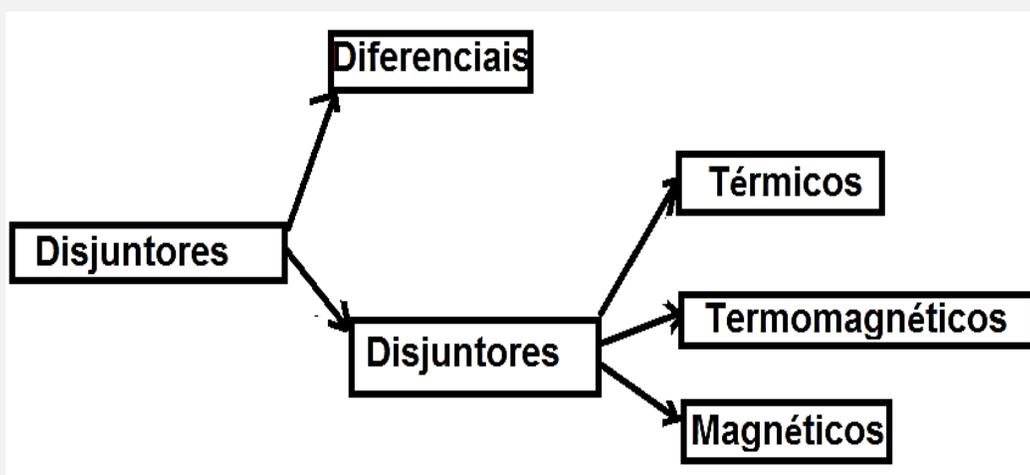


Figura 3.3 Classificações dos disjuntores Fonte: [Autor]

3.3.1 Características dos disjuntores de Baixa Tensão

Tensão estipulada

- ☞ Corrente alternada: 60; 120; 240/120; 220; 230; 240; 380/220; 400/230; 415/240; 380; 400; 415; 440 V.
- ☞ Corrente contínua: 12; 24; 48; 60; 120; 240; 250 V.

Corrente estipulada (I_n) – de 2 A a 6300 A, dependendo do modelo.

Poder de corte estipulado¹ – até 150 kA, dependendo do modelo e da corrente estipulada.

Corrente convencional de funcionamento (I_d) – corrente mínima que provoca a actuação do disjuntor.

Corrente convencional de não funcionamento (I_{nd}) – valor da corrente que o disjuntor é capaz de conduzir sem actuação, durante um tempo definido (designado por tempo convencional), expresso como um múltiplo de I_n (exemplo: $I_{nf} = 1,25 \times I_n$).

Modelos de disjuntores de Baixa Tensão:

- ☞ Disjuntores modulares (ou miniatura), designados pela sigla inglesa **MCB** (*Miniature circuit breaker*): para correntes estipuladas entre 2 A e 100 A; são normalmente montados em calha DIN.
- ☞ Disjuntores compactos (ou em caixa moldada), designados pela sigla inglesa **MCCB** (*Molded case circuit breaker*): para correntes estipuladas entre 125 A e 2500/3200 A.
- ☞ Disjuntor para correntes elevadas: para correntes estipuladas entre 2500/3200 A e 6300 A.

3.3.2 Curvas características de disparo:

- **Curva B:** É a curva da protecção de circuitos cuja, as cargas têm comportamento resistivo.
 - ☒ Lâmpadas incandescentes
 - ☒ Chuveiros,
 - ☒ Torneiras e aquecedores eléctricos
- **Curva C:** Aplicada na protecção de circuitos de cargas com natureza indutiva
 - ☒ Microondas,
 - ☒ Ar condicionado,
 - ☒ Motores
- **Curva D:** Aplicada na protecção de circuitos com cargas altamente indutivas
 - ☒ Grandes motores,
 - ☒ Transformadores

¹**Poder de corte:** corrente máxima de curto-circuito que o disjuntor é capaz de interromper sem se danificar

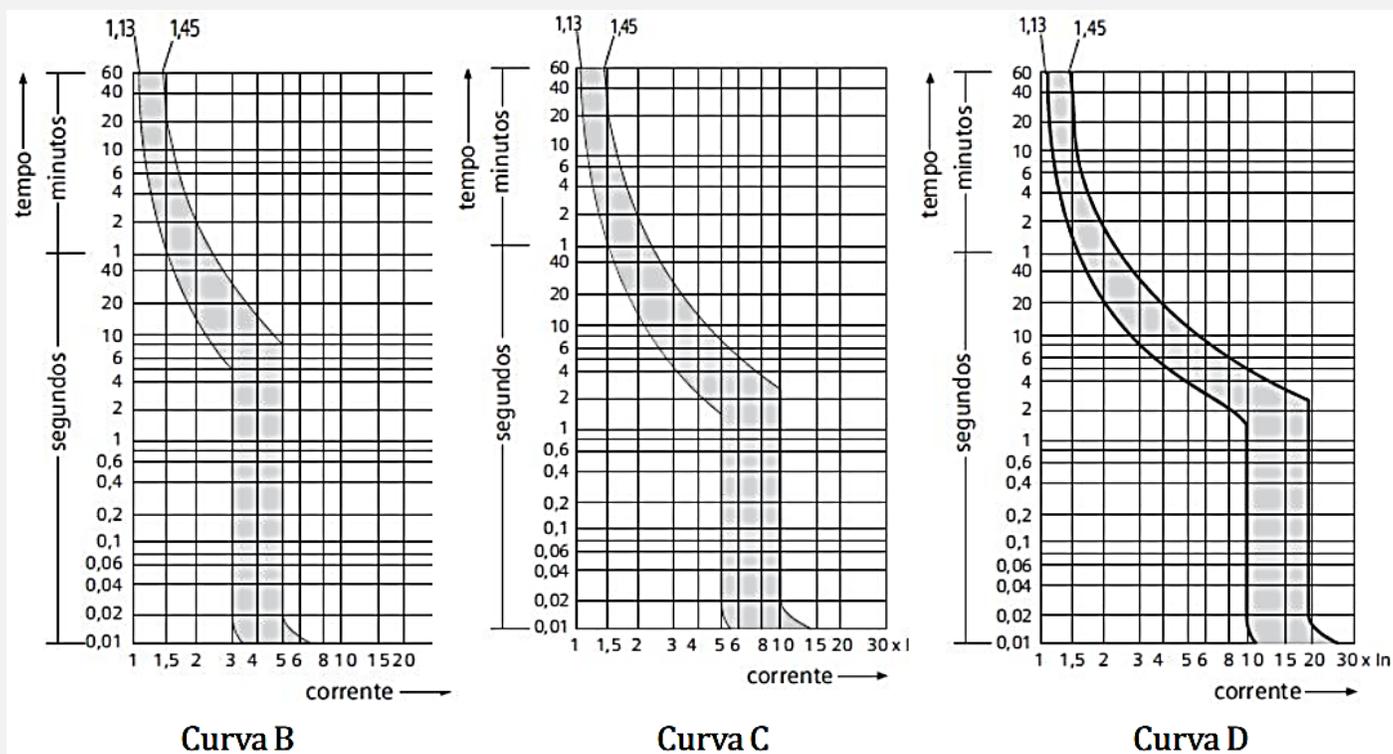


Figura 3.3.2 Curvas dos Disjuntores Fonte: [Prof. Carlos T. Matsumi]

3.4 Calibre do disjuntor

A selecção do calibre do disjuntor compete a várias técnicas que visam assegurar uma instalação por meio de um disjuntor. De um modo simplificado, pode ser aplicada a seguinte forma para a selecção do calibre do disjuntor.

$$I_{Disjuntor} = \frac{100 * I_{curto-circuito}}{80\%}$$

Por outra pode-se determinar o calibre do disjuntor pelas seguintes fórmulas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad I_2 \leq 1.45 * I_z$$

I_b-corrente de serviço

I_n- Corrente nominal do fusível /Disjuntor

I_z -Corrente máxima da canalização

I_{admissivel} – Corrente máxima admissível do condutor consultado nas tabelas 3.5

$$I_z = I_{admissivel} * \beta * \gamma$$

β -factor de correcção que atende à proximidade de outras instalações.

γ-factor de correcção que atende à temperatura ambiente habitual.

Tabela 3.4 Factor de correcção de temperatura Fonte: [Adaptado, Albano de Almeida 2001]

Temperatura °C		5	10	15	20	25	30	35
Multiplicar γ	Tensão estipulada até 4.8/7.2KV inclusive	1,15	1,10	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82
	Tensão estipulada 7.2/12KV	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,78

Tensão estipulada

Os condutores isolados são normalmente utilizados apenas em instalações BT, sendo definidos pelas tensões U_0/U , onde:

- ☞ U_0 é a tensão estipulada à frequência industrial entre condutor e blindagem ou bainha (valor eficaz).
- ☞ U é a tensão estipulada à frequência industrial entre quaisquer dois condutores (valor eficaz).

As tensões estipuladas para estes condutores são:

$$100/100 V; 300/300 V, 300/500 V; 450/750 V; 0,6/1 kV$$

Já nos cabos isolados, estes são definidos tensões $U_0/U(U_m)$, onde:

- ☞ U_0 e U têm o significado indicado anteriormente.
- ☞ U_m é a tensão mais elevada à frequência industrial entre quaisquer dois condutores (valor eficaz), para a qual o cabo e seus acessórios foram concebidos.

Na Tabela 7 indicam-se as habituais tensões estipuladas dos cabos MAT, AT, MT e BT.

Tabela 3.4.1 – Tensões estipuladas dos cabos MAT, AT, MT e BT

Tensão composta da rede (kV)	Tensão estipulada do cabo $U_0/U(U_m)$	
	U_0/U (kV)	U_m (kV)
0,4	0,6/1	N/A
3	1,8/3	3,6
6	3,6/6	7,2
10	6/10	12
15	8,7/15	17,5
30	18/30	36
60	36/60	72,5
110	64/110	123
150	87/150	170
220	130/220	245
400	230/400	420
500	290/500	525

Tabela 3.4.1.1 Factor de correcção de proximidade Fonte: [Adaptado, Albano de Almeida 2001]

Multicondutores enterrados		Monocondutores enterrados		Cabos instalados no ar		
Número de cabos com pequenos afastamentos	Multiplicador β	Número de grupos com pequeno afastamento	Multiplicador β	Número de cabos	Multiplicador β	
					Cabos com pequeno afastamento	Cabos encostados
2	0,90	2	0,80	3	0,95	0,80
3	0,80	3	0,75	6	0,90	0,75
4	0,75	4	0,70			
5	0,70					
6	0,65					
8	0,62					
10	0,60					

I₂-corrente de disjuntor ou de fusão de fusível

$$I_2 \leq K_2 * I_Z$$

Tabela 3.4.2 Factor K Fonte: [Adaptado, BBC Lisboa]

		K_2
Fusíveis gI / gG	$I_n \leq 4A$	2,1
	$4 < I_n < 16A$	1,9
	$I_n \geq 16A$	1,6
Disjuntores	Modulares	1,45
	Outros tipos	1,3

A selecção do tipo de disjuntor a ser aplicado, após demissionada o seu calibre deve se restringir com o objectivo da protecção, com a tabela 3.4.3 é esclarecida essa relação.

A principal função dos **disjuntores BT** é a protecção dos circuitos de utilização e dos equipamentos contra sobrecargas e curto-circuitos, incorporando para tal disparadores dos seguintes tipos:

- ☞ **Térmicos**, com elementos bimetálicos, para a protecção contra sobrecargas (designação **TO**, de acordo com a Norma IEC 60934).
- ☞ **Magnéticos**, por meio de um solenoide, para a protecção contra curto-circuitos (designação **MO**, de acordo com a Norma IEC 60934).
- ☞ **Termomagnéticos** Uma combinação de ambos (designação **TM**, de acordo com a Norma IEC 60934)

Tabela 3.4.3 Aplicação para cada tipo de disjuntor Fonte: [Autor]

Tipo de disjuntor	Protecção desempenhada
Térmico	Sobrecarga
Magnético	Curto-circuito
Termomagnético	Sobrecarga e curto-circuito

Poder de corte do disjuntor- define-se como o valor máximo da corrente de curto-circuito que o disjuntor pode cortar sem se danificar.

Montante- Circuito que parte do poste ao quadro de distribuição.

Jusante -Circuito que parte do quadro de distribuição a carga.

$$R_{Montante} = \frac{\rho L_{Montante}}{S} \quad R_{Jusante} = \frac{\rho L_{Ajusante}}{S}$$

ρ -Resistividade [$\Omega mm^2/m$] S - área da secção do condutor [mm^2]

O poder de corte deve ser maior que a corrente de curto-circuito do sistema a proteger.

$$P_{corte} > I_{cc}$$

As fórmulas utilizadas para cálculo das correntes de curto-circuito, de acordo com as normas IEC 60865-1 e 2 e 60909-0,1 e 4, são:

1) Correntes de curto-circuito

- Entre Fases:

- Trifásico

$$I''_{k3} = 1,1 \times Un / (\sqrt{3} \times Z_d) - \text{máximo}$$

$$I''_{k3} = 0,95 \times Un / (\sqrt{3} \times Z_d) - \text{mínimo}$$

- Fase-Fase

$$I''_{k3} = 1,1 \times Un / (2 \times Z_d) - \text{máximo}$$

$$I''_{k3} = 0,95 \times Un / (2 \times Z_d) - \text{mínimo}$$

Z_d : Impedância directa ou síncrona equivalente, no ponto de defeito

Determinação do tempo máximo o qual a canalização pode ser submetida ao curto-circuito.

$$t = \left(K \frac{S}{I_{cc}} \right)^2$$

Tabela 3.5.1 Factor K Fonte: [Adaptado, Vários]

	ρ	K	K
Isolamento		PVC	EPR/XLPE
Cobre	0,0176	115	143
Alumínio	0,0236	76	94

$$R_p = R_{20^\circ C} [1 + \alpha(t_f - t_i)] \quad \text{Para cabos subterrâneo } R_0 \text{ é a } 40^\circ C$$

Esta fórmula nos permite calcular a resistência mediante uma temperatura, $\alpha = 0,004$.

Seleção do disjuntor diferencial

Este dispositivo tem como suas funções:

- ☞ Protecção contra choques
- ☞ Protecção contra incêndios
- ☞ Indicador de qualidade da instalação

Os aparelhos devem ter as sensibilidades adequadas ao tipo de circuitos de utilização:

Tabela 3.5.2 Sensibilidade dos DDR's fonte: [Autor]

Sensibilidade I_Δ	Aplicação em Circuitos
300mA	Iluminação
30mA	Tomadas e equipamentos
10mA	Cargas especiais

Em função da sensibilidade do DDR há que considerar na determinação na resistência de ligação à terra.

Tabela 3.5.3 Limites da resistência de ligação à terra Fonte: [L. Sousa Martins Setúbal, Março de 2005]

Sensibilidade	Corrente residual diferencial estipulada $I_{\Delta n}$	Valor máximo da resistência de terra UL=50V	Valor máximo da resistência de terra UL=25V
Baixa sensibilidade	20A	2,5 Ω	1,25 Ω
	10A	5 Ω	2,5 Ω
	5A	10 Ω	5 Ω
	3A	17 Ω	8,3 Ω
	1A	50 Ω	25 Ω
Media sensibilidade	500mA	100 Ω	50 Ω
	300mA	167 Ω	83,3 Ω
	100mA	500 Ω	250 Ω
Alta sensibilidade	30mA	1670 Ω	833 Ω
	12mA	4170 Ω	2083 Ω
	6mA	8330 Ω	4176 Ω



Sempre que os circuitos possuírem as características seguintes deverão ser protegidos por DDR com $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$: Alimentem equipamentos ou tomadas em casas de banho onde se possa tomar banho, equipamentos ou tomadas junto a piscinas, equipamentos em saunas, equipamentos junto a fontes decorativas, tomadas que estejam acessíveis em: infantários, escolas, hospitais, lares ou similares, tomadas localizadas em grandes explorações agrícolas ou pecuárias.

3.5 Determinação da capacidade do seccionador

De uma forma mais simplificada pode se determinar o calibre do seccionador pela expressão abaixo.

$$I_{\text{seccionador}} = 1,15 * I_{\text{circuito a alimentar}}$$

Rele térmico

É um dispositivo de protecção contra sobrecarga, aplicado em motores na qual se baseia na corrente de plena carga para a sua actuação. Destes existem digitais (Efeito Hall na maioria e ajustáveis) e analógicos os de barras bimetálicas.



Figura 3.5.1 Rele térmico Fonte:[Modulo 1B ,CTCT-WEG]

3.5.1 Selectividade da protecção

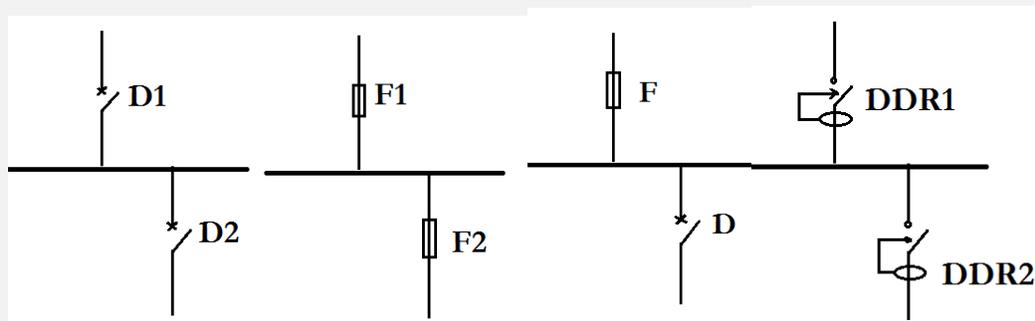


Figura 3.5.2 a)Entre disjuntores b)Entre Fusíveis c) Entres Fusível-disjuntor d)entre disjuntores diferenciais Fonte: [Autor]

- a) $I_{D1} \geq 1,6 I_{D2}$
- b) $I_{F1} \geq 3 I_{F2}$
- c) $T_{\text{disparo do fusivel}} \geq T_{\text{disparo do disjuntor}} + 50 \text{ms}$
- d) $\Delta D_{DDR1} > \Delta D_{DDR2}$

3.6 Normalização – é o conjunto de critérios, com base nos quais devem ser construídos, projectados, inspeccionados os sistemas, os aparelhos, os equipamentos a fim de assegurar a eficiência técnica.

Em 1975 foi criada o Instituto Internacional de Pesos e Medidas de 45 Países do mundo em Paris-Franca.

A normalização tem 3 Objectivos principais:

- ⇒ Simplificação- Estabelece características que permitem fácil substituição.
- ⇒ Unificação- Facilita os processos de produção.
- ⇒ Especificação- Conhecidas possibilitam os ensaios, estabelecendo código de entrega e recepção.

Exemplo de produtos normalizados:

Uma lâmpada de 60W

Um balastro de 40W

Uma chave de roda 16

3.7 Requisitos de Protecção de Sistemas de Potência

3.7.1 Medidas de Confiabilidade

☞ Confiança

É definida como a probabilidade de funcionamento correto da protecção quando houver a necessidade de sua actuação. Para isto a protecção deve actuar adequadamente para uma falta dentro de sua zona de protecção e não deve actuar para uma falta fora de sua zona de protecção. De maneira geral a confiabilidade pode ser facilmente verificada através de testes de laboratório e simulações durante a instalação, porém as verificações relacionadas à segurança são mais difíceis de serem estudadas devido a infinidade de possíveis transitórios que podem ocorrer no sistema.

☞ Segurança

É uma expressão usada para identificar a habilidade de um sistema ou equipamento não deixar de operar desnecessariamente. Porém, assim como confiabilidade da protecção, o termo muitas vezes é usado para indicar que um sistema está operando correctamente.

3.7.2 Medidas de Desempenho

☒ **Sensibilidade**

É a habilidade que um sistema tem de identificar uma situação de funcionamento anormal em que exceda o nível normal ou detecta o limiar em que a protecção deve actuar.

☒ **Selectividade**

É uma expressão associada ao arranjo dos dispositivos de protecção de forma que somente o elemento em falta seja retirado do sistema. Isto é, os demais elementos devem permanecer conectados ao sistema. A característica de selectividade restringe a interrupção somente dos componentes, do sistema, que estão em falta.

Especialmente em sistemas de alta tensão, a perda de selectividade pode desencadear ou agravar uma situação de emergência, levando o sistema a um blecaute de grandes proporções.

☒ **Segurança**

A segurança é definida em termos de regiões. O sistema de protecção é seguro se houver disparo para faltas dentro de sua zona de atuação, limitada pelos TCs (os CBs isolam a falta). Portanto, todos os elementos do sistema de potência devem pertencer a pelo menos uma zona de protecção. Os elementos mais importantes devem pertencer a pelo menos 2 zonas de protecção.

☒ **Velocidade**

Quão rápido pode o relé determinar que existe uma falha na sua zona. Portanto, o tempo de resposta do relé é inversamente proporcional ao grau de incerteza na sua decisão (opera ou não opera). Quanto ao tempo de operação, os relés podem ser:

- ✓ Instantâneo: quando não é introduzido um atraso de tempo intencional (característica construtiva). Relé opera tão logo uma decisão segura seja alcançada (1 – 6 ciclos).
- ✓ Temporizado: quando é introduzido um atraso de tempo intencional para início da acção de trip;
- ✓ Alta velocidade: opera em um tempo < 50 ms (3 ciclos);
- ✓ Ultra-alta velocidade: opera em um tempo ≤ 4 ms (1/4 ciclo).

☒ **Simplicidade**

Um sistema de protecção deve atingir o seu objectivo da maneira mais simples e objectiva possível. Por isso, antes de adicionar um novo elemento a um sistema de protecção, deve-se fazer uma análise da sua real necessidade para se atingir os objectivos desejados. Cada novo elemento adicionado é uma potencial fonte de problema, que pode aumentar os riscos de falha e a necessidade e os custos de manutenção.

☒ **Economia**

Na engenharia, é sempre importante obter o melhor desempenho com o menor custo possível. Inicialmente, quando analisados individualmente, os custos da protecção podem parecer elevados. Entretanto, quando comparados com os custos dos equipamentos que estão sendo protegidos juntamente com os custos de interrupções, estes não se mostram tão significativos. Logo, uma economia na protecção pode resultar em um futuro aumento de tempo e custo para reparar ou substituir equipamentos danificados.

Os custos económicos na protecção de sistema de potência eléctrica resumem-se em três (3) indicadores incontornáveis, como o custo da própria protecção, o custo dos equipamentos do sistema, e o custo de interrupção.

☒ **Custos de protecção**

Trata-se de um custo que está relacionado com nível de protecção desejada para o sistema de potência, o que significa quanto mais complexo o sistema de protecção desejado mais caro torna-se o custo da protecção. O custo da protecção abrange:

- ✓ Custos de implementação do sistema de protecção;
- ✓ Custo de gestão de manutenção do sistema de protecção.

☒ **Os custos dos equipamentos**

Os equipamentos e materiais que compõem a rede eléctrica, tais como máquinas geradoras, máquinas transformadoras, linhas de transmissão, e outros; são os componentes que apresentam custos mais elevados ao longo do sistema de potência, correspondentes aos custos dos projectos das

concessionárias. Este custo torna-se mais elevado em função do aumento da distância a ser transmitida a potência e o nível de potência pretendida.

✎ **Custos de interrupção**

São custos dispendiosos proporcionalmente causados pelo tempo de interrupção de fornecimento da energia eléctrica devido a defeitos no sistema das concessionárias, cujos prejuízos são directamente sofridos pelos consumidores em geral e com maior destaque aos consumidores industriais. As concessionárias também sofrem prejuízos para além de causar aos consumidores, dependendo das políticas de regulamentação do país sobre a lei do consumidor de energia eléctrica e o tipo de contrato firmado entre a concessionária e o consumidor.

3.7 Unificação no ramo da Electrotécnica

A unificação com a finalidade de tornar possível que, em qualquer localização geográfica um técnico em Electrotécnica seja capaz de atender as necessidades do ramo nessa localização.

Como um exemplo de uma entidade responsável pelo processo de unificação temos a UNEL (Unificação electrotécnica), assim como a UNI (Associação Nacional de unificação) na Itália.

Estes órgãos têm objectivos:

- ✎ Técnicos
- ✎ Organizacionais
- ✎ Económicos estática

3.8 Regulamento – é um conjunto de normas cuja aplicação é de carácter obrigatório.

As normas aplicadas nas instalações eléctricas em vigor em Moçambique são:

- ✓ Regulamento de segurança de instalações de utilização de energia eléctrica-**RSIUEE**
- ✓ Regulamento de Segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas-**RSICEE**
- ✓ Regulamento de segurança de subestações, postos de transformação e seccionamento
RSSPTS
- ✓ Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão
– **RSRSEEBT**
- ✓ Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão – **RSLEAT**

Em Moçambique a entidade responsável pela confecção da norma é a INNOQ e encontramos algumas dessas normas:

- ☞ **NM 10: 2011** – Sinalização de segurança. Símbolo de tensão eléctrica perigosa 2ª Edição. ICS 29020
- ☞ **NM 11: 2011** – Sinalização de segurança. Sinais de tensão eléctrica perigosa 2ª Edição. ICS 29020
- ☞ **NM 12: 2011** – Quadros para instalações eléctricas. Portinholas para ramais e chegadas de redes de distribuição. Características de ensaios. 2ª Edição. ICS 29 120
- ☞ **NM 13: 2011** – Quadros para instalações eléctricas. Quadros de colunas para instalações colectivas de edifícios. Características e ensaios. 2ª Edição. ICS 29 120
- ☞ **NM 14: 2011** – Quadros para instalações eléctricas. Caixas de coluna para instalações colectivas de edifícios. Características e ensaios. 2ª Edição. ICS 29 120
- ☞ **NM 38: 2007** – Símbolos gráficos para esquemas eléctricos. Centrais geradoras, subestações e linhas de transporte e de distribuição. ICS 01 080
- ☞ **NM 39: 2007** – Símbolos gráficos para esquemas eléctricos. Símbolos para esquemas arquitecturais. ICS 01 080
- ☞ **NM 40: 2007** – Símbolos gráficos para esquemas eléctricos. Máquinas rotativas, transformadores, pilhas e acumuladores, transdutores e amplificadores magnéticos e indutâncias. ICS 01 080
- ☞ **NM 60 - 1: 2008** - Instalações eléctricas de Baixa Tensão. Parte 1: Definições. ICS 91 140
- ☞ **NM61-2: 2008** - Instalações eléctricas de Baixa Tensão. Parte 2: Características dos materiais. ICS 91 140
- ☞ **NM 62-1: 2008** – Instalações telefónicas. Parte 1: Símbolos e designações simbólicas dos tubos e condutas. ICS 33 040
- ☞ **NM 63-2: 2008** – Instalações telefónicas. Parte 2: Características gerais e ensaios. ICS 33 040
- ☞ **NM 64-3: 2008** – Instalações telefónicas. Parte 3: Características e ensaios de tubos rígidos, isolantes de parede interior lisa e não propagadores de chama. ICS 33 040
- ☞ **NM 65: 2008** – Sistema de designação dos cabos eléctricos isolados. ICS 29 080
- ☞ **NM IEC 81: 2011** - Lâmpadas fluorescentes tubulares para iluminação geral. ICS 29 140
- ☞ **NM 121: 2009** – Condutores eléctricos – Terminologia. ICS 29 120

3.9 Simbologia

Na execução de instalações eléctricas, recorre-se a utilização de símbolos que representam os aparelhos a utilizar bem como das canalizações a instalar. A simbologia tem um objectivo de tornar possível que qualquer técnico da área seja capaz de interpretar e executar o projecto.



Quadro com mais de um painel



Quadro geral



Lâmpada incandescente

 Lâmpada fluorescentes

 Fusível

 Bobina

 Lâmpada de parede

 Armadura

 Interruptor simples

 Comutador de escada

 Inversor

 Botão de pressão

 Portinhola

 Caixa de coluna

 Motor síncrono trifásico de ímãs permanente

 Terra

 Transformador

 Fusível

 Interruptor triplo

 Interruptor duplo

 Disjuntor

 Máquina de Lavar

 Tomada monofásica

 Tomada monofásica com terra

 Tomada trifásica

 Buzina

 Frigorífica

 Rele térmico

 Besouro

 Bateria

 Para-raios

 Bobina

 Amperímetro

 Voltímetro

 Freqüencímetro

 Porta-fusível;

 Rele magnético

 Poste

 Posto de transformação

 Disjuntor de media/alta tensão

 Religador automático



Seccionador



Disjuntor



Para-raios de media/alta tensão



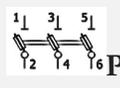
Temporizador com atraso de energização



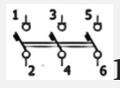
Fusível com percursor



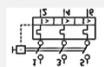
Seccionador trifásico



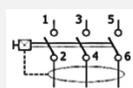
Porta fusível trifásico



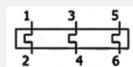
Disjuntor tripolar



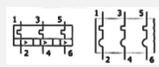
Disjuntor termomagnético trifásico



Disjuntor Diferencial trifásico



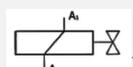
Rele térmico Trifásico



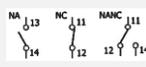
Rele termomagnético trifásico



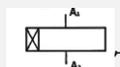
Contactos auxiliares do rele térmico



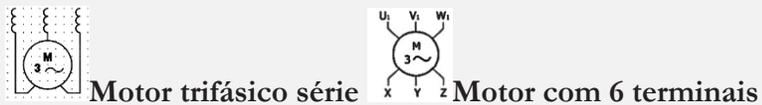
Electroválvula



Contactos NA, NF e comutador



Temporizador de atraso de desenergização



4

Distribuição de energia eléctrica

4.1 Geração de energia

A geração de energia eléctrica é um processo de conversão de qualquer energia em eléctrica, podendo ser essa conversão electromecânica (maior uso nacional) na qual consiste em aproveitamento da energia marítima ou térmica.

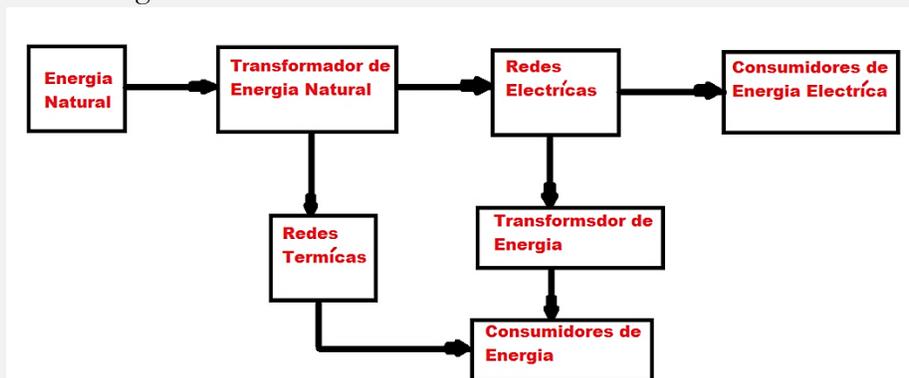


Figura 4.1 Representação esquemática de uma Central de Geração Fonte: [Autor]

As centrais que utilizam combustíveis Sólidos são chamadas **Centrais Térmicas**; as que utilizam combustíveis Líquidos de **Centrais Diesel**; Força da água de **Centrais Hidroeléctricas**; As **centrais nucleares** ou atómicas utilizam a energia obtida através da fissão nuclear de substâncias radioactivas como é o caso de Urânio.

As **centrais de ciclo combinado** a quantidade de calor contida no ciclo a Gás é recuperado para o aquecimento do liquido do segundo ciclo accionando-se dessa forma duas turbinas aumentando assim o rendimento da instalação.

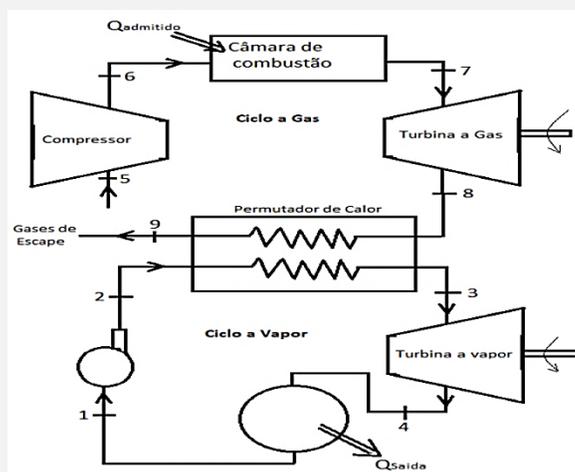


Figura 4.1.1 Representação esquemática da Central de ciclo combinado Fonte:[Autor]

4.2 Linha eléctrica- é o conjunto constituído por um ou mais condutores, com os elementos de fixação ou suporte e, se for o caso, de protecção mecânica, destinado a transportar energia eléctrica ou a transmitir sinais eléctricos.

4.2.1 Tipos de combustíveis:

- a) *Combustíveis Sólidos* – estes combustíveis podem ser naturais (Carvão mineral, madeira) ou combustíveis preparados ou artificiais como: Carvão vegetal ou coque.
- b) *Combustíveis Líquidos* – (Petróleo e seus derivados) – Esses combustíveis podem substituir o carvão na produção de vapor tendo como vantagens os seguintes:

- ☞ Fácil Manuseamento;
- ☞ Economia de Espaço;
- ☞ Menor número de Instalações auxiliar;
- ☞ Rendimento elevado;
- ☞ Menos Poluentes em comparação com o carvão;
- ☞ Não produzem cinzas;
- ☞ Não deteriora com o tempo.

O petróleo e o álcool são os combustíveis mais utilizados pelos motores de combustão interna, os outros são misturas de óleo e carvão. Ex: alcatrão.

Os produtos petrolíferos mais usados são Querosene; Fuel-Oil e Gasóleo.

- c) *Combustíveis Gasosos* -esses combustíveis podem ser utilizados em motores de combustão interna a uma taxa de queima controlável.

- ☞ Não produzem Cinzas;
- ☞ Chama pode ser por oxidação ou redução;
- ☞ Podem ser transportados por gasodutos;
- ☞ Tem rendimento térmico elevado;
- ☞ Necessitam de pouco Ar para a combustão;
- ☞ Podem ser produzidos a partir de combustíveis sólidos de baixa qualidade.

Combustível nuclear -o urânio-235, por analogia, é chamado de combustível nuclear, porque pode substituir o óleo ou o carvão, para gerar calor.

Vantagem do Urânio.

- ☞ 10g de U235 estão para 700kg de óleo ou 1200kg de carvão

De uma forma geral as centrais eléctricas caracterizam-se por:

- Tensão de produção (**kV**; habitualmente *MT*)
- Frequência (**50 Hz** ou **60 Hz**, dependendo dos países, no caso de Moçambique é 50Hz)
- Potência instalada (**MW** ou **kW**)
- Número de grupos (conjunto *turbina/alternador*) instalados e respectiva potência (**MW** ou **kW**)



Em todas a centrais de produção (Excepto as centrais fotovoltaicas), para que o gerador produza energia eléctrica, precisa ser sujeito a um movimento rotativo, o que se consegue acoplando-se a ele uma máquina primária denominada Turbina.

Tensões normalizadas

A classificação dos níveis de tensão difere de país para país, razão pela qual devem ser referidos os valores das tensões normalizadas, de acordo com a *Norma IEC 60038*, que correspondem aos valores máximos de tensão suportados pelos equipamentos e que se indicam na Tabela X, onde se indicam também os valores mais habituais das tensões nominais das redes, individualizando a situação em *Portugal*.

Tabela 4.1 Tensões normalizadas de acordo com a Norma IEC 60038 Fonte:[BOLOTINHA, Manuel]

Nível de Tensão	Tensão mais elevada (kV ef ²)	Tensões nominais habituais das redes (kV ef)	Tensões nominais das redes usadas em Moçambique (kV ef)	Tensões suportáveis mínimas	
				50Hz, 1m (kV ef)	À onda de choque (kV pico)
<i>Baixa Tensão (BT)</i>	≤ 1 (CA) ≤ 1,5 (CC)	0,11-0,19; 0,127-0,22; 0,23-0,4; 0,5; 0,6; 0,66	0,23-0,4	≤ 2	≤ 12
<i>Média Tensão (MT)</i>	3,6	3,3	3	10	40
	7,2	6,6	6,6	20	60
	12	10; 11	11	28	75
	17,5	13,8	15	38	95
	24	22	22	50	125
	36	30; 33	33	70	170
	52	49,5		95	250
<i>Alta Tensão (AT)</i>	72,5	60; 66; 69	66	140	325
	123	110; 115	110	230	550
<i>Muito Alta Tensão (MAT)</i>	170	132; 138	132	325	750
	245	150; 154		395	950
	300	220; 230	275	460	1050
	420	345; 400	330, 400	630	1425
	550	500		740	1675
	800	765	750	830	2100

Os valores indicados para as *tensões suportáveis mínimas* referem-se aos valores das *tensões de ensaio* dos equipamentos.

² ef designa a **tensão eficaz**, referida na literatura inglesa por **rms** (*root mean square*). $U_{ef} = U_{pico}/\sqrt{2}$.

Tabela 4.1.1 Quadro resumo dos sistemas de produção de energia eléctrica Fonte: [Autor]

Produção Aspecto	Usinas Nucleares	Termoeléctricas	Hidroeléctricas	Eólicas	Centrais fotovoltaicos
Geração de resíduos	Em baixo nível (Resíduos nucleares)	Emissor atmosféricas SO ₂ e SO ₃	Não há	Não há	Não há
Potência	GW	MW	Chega aos GW	MW	GW
Eficiência	60-80%	60-80%	90-95%	30-40%	30% até próximo de 40%
Custo	Alto (Construção)	Alto (Uso da mesma)	Alto (Construção)	Baixo	Alto (Construção)
Impacto social	Afetação negativas da saúde	Afetação negativas da saúde das comunidades vizinham	Extinção de comunidades nativas	Emissão de ruídos de alta frequência	Alteração dos padrões de movimentação
Impacto ambiental	Poluição radioactiva	Morte de animais, plantas.	Alteração do leito dos rios, extinção da fauna e flora	Morte de aves	Retirada e soterramento da cobertura vegetal
Fonte primária de energia	Urânio e Plutónio	Carvão, Gás natural,	Energia da água	Velocidade do vento	Radiação solar

Uma linha de transmissão aérea deve compreender na sua constituição:

- ♣ Isoladores
- ♣ Suportes/Apoios no caso da aérea
- ♣ Condutores

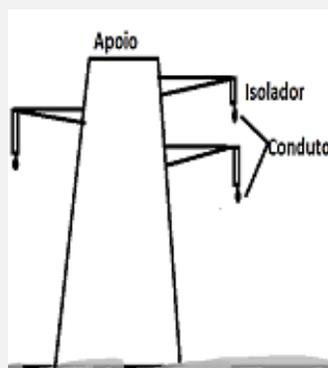


Figura 4.1.2 Elementos de uma linha de transmissão Fonte: [Autor]

4.2.1.1 Isoladores

Os isoladores suportam os condutores e eles devem possuir alta resistência mecânica e eléctrica a fim de suportarem os esforços a que ficam submetidos na linha e mais alto grau de isolamento sendo que para a sua fabricação emprega se o vidro temperado ou porcelana vitrificada.



Embora haja dois tipos de uso comum em linhas de transporte é importante especificar que ao todo são três tipos de isoladores existentes cada tipo aplicado conforme a exigência da linha em causa.

Tabela 4.2.1 tipo de isoladores e níveis de tensão de aplicação Fonte: [Autor]

Tipo de isolador	Suspensão e amarração	Pino	Pilar
Tensão	$U > 110\text{Kv}$	$U < 69\text{Kv}$	$U < 110\text{Kv}$
Imagem	<p>Figura 1</p>	<p>Figura 2</p>	<p>Figura 3</p>

4.2.2 Condutores

Inicialmente, nas *LAT* e *LMT*, foram utilizados condutores em *cobre nu*, que vieram a ser substituídos, nas *LMT*, *LAT* e *LMAT*, por diversos tipos de condutores de alumínio ou ligas de alumínio, associados ou não a aço galvanizado e aço coberto a alumínio do tipo **ACS** (da sigla inglesa *Aluminium Clad Steel*), conhecidos pela designação comercial **Alumoweld** (*marca registada*), tais como:

- ☞ Condutores nus em *alumínio*, designados como **AAC** (da sigla inglesa *All Aluminium Conductors*).
- ☞ Condutores nus em *liga de alumínio* (sendo a liga *Al-Mg-Si* – alumínio-magnésio-silício – a mais utilizada).
- ☞ Condutores cableados concêntricos em *alumínio-aço*, apelidados de **ACSR** (da sigla inglesa *Aluminium Cable Steel Reinforced*), constituídos por uma *alma de aço zincado de alta resistência*,

revestida por uma ou mais camadas (**feixes**) de *fiões de alumínio* do tipo *AL1*, obedecendo às Normas EN 50189, 50889, 61232 e 50182.

Características dos condutores de linhas aéreas

- ☞ Alta condutibilidade eléctrica;
- ☞ Alta resistência mecânica;
- ☞ Baixo peso específico;
- ☞ Boas características térmicas;
- ☞ Boa resistência mecânica a acção de intempéries.

Características construtivas

Já que são cabos com secção maior de 4mm² sua construção é multifilar composta por um grupo de fiões enrolados entre si e determina-se a sua quantidade pela expressão.

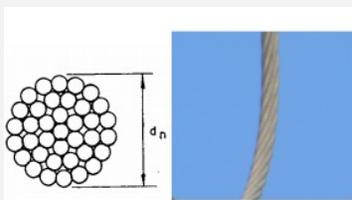


Figura 4.2.2 Detalhes dos cabos de linhas aéreas. Fonte: [Autor]

Obedece-se a seguinte lei: $n_c = 3x^2 + 3x + 1$

n_c -número total de fiões x -representa o número de camadas

Condutores isolados de uso domestico

- ☞ Condutores de Cobre Rígido Isolados a PVC
- ☞ Condutores de Cobre Flexível Isolados a PVC
- ☞ Condutores de Cobre Flexível com Isolamento e Bainha em PVC
- ☞ Condutores de Cobre Rígido com Isolamento e Bainha em PVC
- ☞ Intensidades de Corrente Máxima Admissíveis

Tabela XX As principais características dos condutores e cabos isolados Fonte: [BOLOTINHA, Manuel]

Condutor Isolado	Cabo Isolado
Tensão estipulada	Tensão estipulado
Material da alma condutora, tipo de secção	Material da alma condutora, tipo de secção
Corrente permanente admissível (I_c)	Número de condutores
Material de isolamento	Corrente permanente admissível
	Material de isolamento
	Material da bainha exterior

4.3 Posto de transformação – Instalação de Alta Tensão destinada à transformação da corrente eléctrica por um ou mais transformadores estáticos, quando a corrente secundária de todos os transformadores for utilizada directamente nos receptores, podendo incluir condensadores para compensação do factor de potência. (Decreto 57,2011).

A concepção de **PT's** deve respeitar toda a regulamentação existente, nomeadamente:

1. Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (R.T.I.E.B.T.);
2. Regulamento de Segurança de Subestações, Postos de Transformação e Seccionamento;
3. Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão – **RSLEAT**
4. Normas Nacionais e Internacionais (CEI,NP,CENELEC,NEC,CIE)

Os postos de transformação são classificados seguindo o diagrama abaixo.

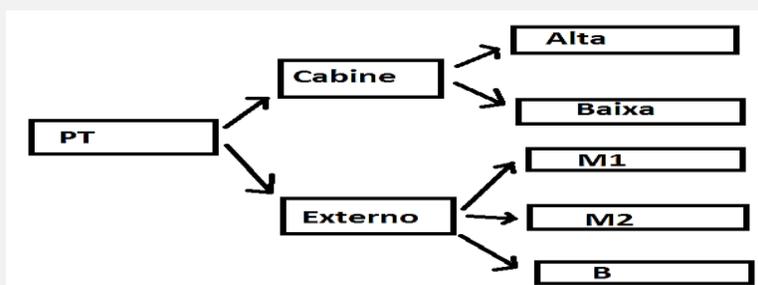


Figura 4.3 Classificação dos Postos de transformação Fonte [Autor]

Ainda na classificação da figura 4.3 pode-se classificar de duas formas

PTC-Posto de transformação cliente/**PTP** – Posto de transformação privado

PTD-Posto de transformação de distribuição /**PTS**-Posto de transformação de serviço (público)

4.3.1 Cabine alta ou vulgarmente chamada tipo torre é um posto de transformação, construído na base de cimento cuja alimentação é sempre aérea, e comum nas escolas sua aplicação devido a segurança contra intrusos ou acesso a pessoais não autorizadas.

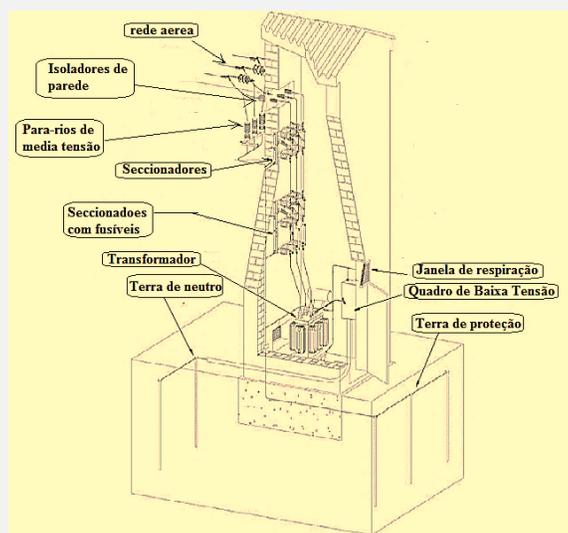


Figura 4.3.1 Posto de transformação do tipo Cabine Alta (Torre) Fonte: [Adaptado, Fermín Barreto]

4.3.2 Tipo cabine baixa (Alvenaria) é um posto de transformação de montagem interior, sobre uma cabine pré-fabricada ou não, é de alimentação subterrânea e de uso geral nas redes subterrâneas. Existem postos de transformação subterrâneas, porem há essa confusão em atribuir essa classificação aos do tipo cabine baixa.

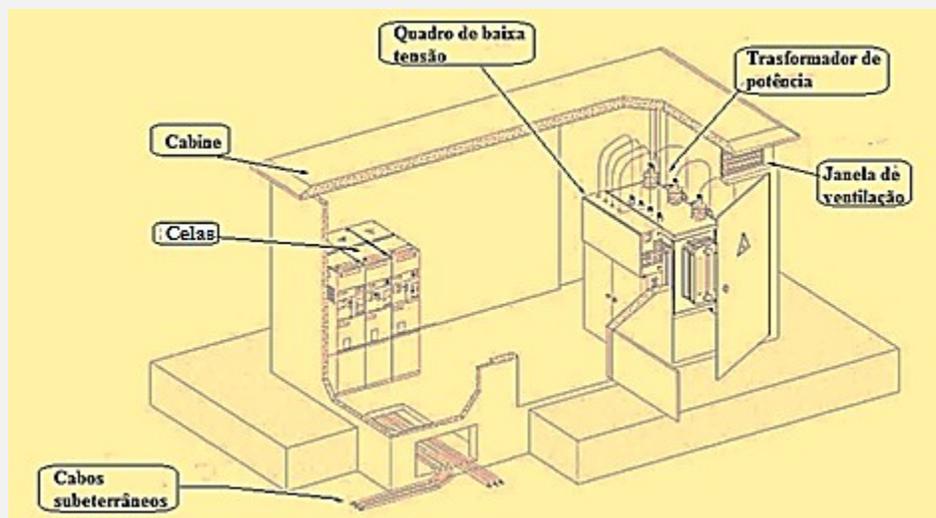


Figura 4.3.2 Posto de transformação tipo cabine baixa (alvenaria) Fonte: [Adaptado, Fermín Barreto]

4.3.3 Tipo B (Pórtico) é um posto de transformação cuja sua montagem, é feita sobre um poste de Betão, com o desenvolvimento actual das tecnologias surgem torres de metal galvanizado (Fácil transporte) que tem a mesma a montagem como a do tipo B.

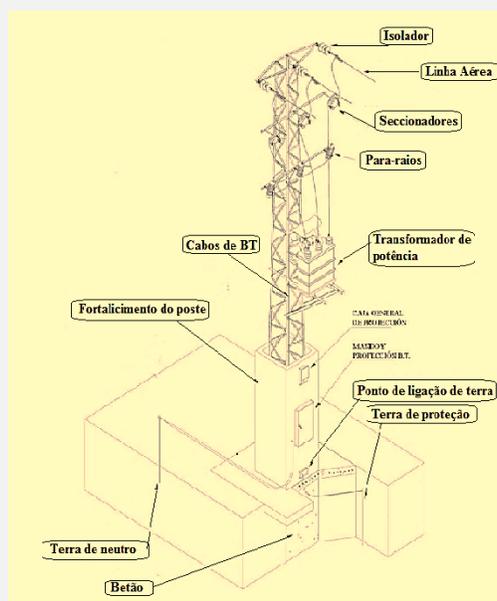


Figura 4.3.3 Posto de transformação tipo Pórtico de metal Fonte: [Adaptado, Fermín Barreto]

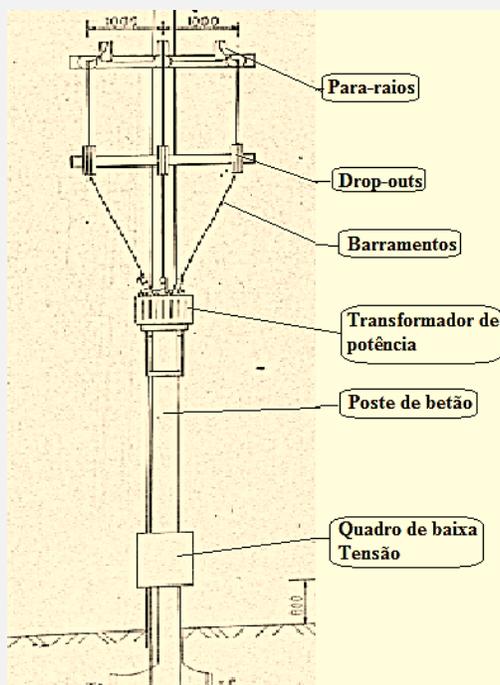


Figura 4.3.3.1 Posto de transformação tipo Pórtico de Betão | Fonte: [Autor]

4.3.4 Tipo M1 é o posto montado sobre dois postes de madeira, esta montagem é aplicada para transformadores com potências não superiores a 100KVA devido a limitações mecânicas de 1200Kg.



Figura 4.3.4 Posto de transformação tipo M2 Fonte: [Autor]

4.3.5 Tipo M2 é montado sobre uma base de cimento, esta montagem é aplicada para transformadores com potências superiores a 100KVA geralmente com massa superior a 1200Kg.

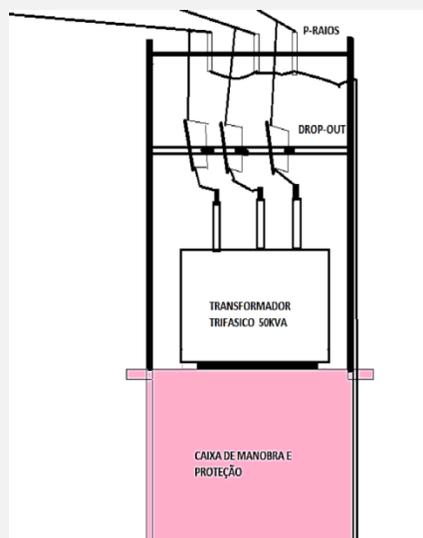


Figura 4.3.5 Posto de transformação tipo M2 Fonte: [Autor]

Em alguns países ainda tem uma classificação intitulada posto de transformação tipo bloco, que é referente um posto de transformação pré-fabricado.



Figura 4.3.5.1 CPF de manobra interior, CPF de manobra exterior Fonte: [BOLOTINHA, Manuel]

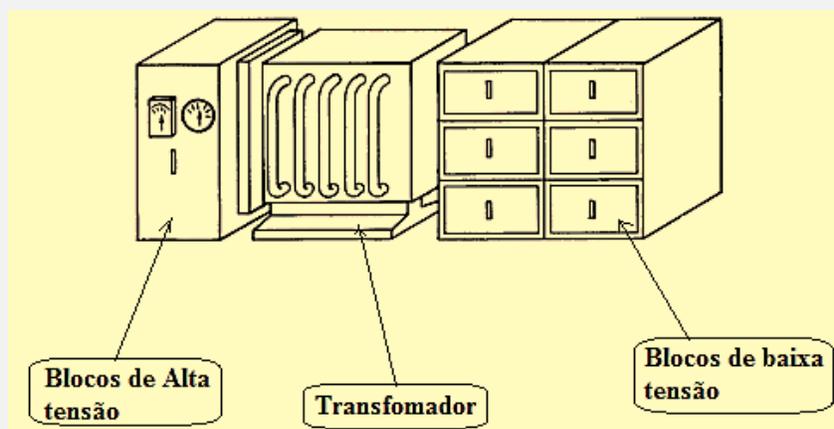


Figura 4.3.6 Posto de transformação Tipo Bloco Fonte: [JOSEPH H. FOLEY, MEXICO 1983]

Na montagem dos **PT's** pode em algum momento haver necessidade de, aumentar a potência da mesma, neste caso deve se substituir o transformador ou associa-lo a um outro em paralelo devendo assim obedecer algumas condições.

Em Portugal existem três tipos destes PT's aéreos:

☞ **A** – sem seccionador; transformadores até 100 kVA (25-50-100 kVA).

- I. Conforme projecto-tipo dos postos de transformação aéreos Tipo A Direcção Geral de Energia
- II. Potências até 100 kVA: 25, 50 ou 100kVA
- III. Ligação directa do transformador à linha de M.T.
- IV. Os vários P.T. podem ficar a jusante de um único seccionador, formando um cacho

☞ **AS** – com seccionador; transformadores até 100 kVA (25-50-100 kVA).

- I. Conforme projecto-tipo dos postos de transformação aéreos Tipo AS Direcção Geral de Energia
- II. Potências até 100 kVA: 25, 50 ou 100kVA
- III. Ligação do transformador à linha de M.T., através de um seccionador
- IV. A ligação efectua-se na extremidade de uma derivação

☞ **AI-1** – com interruptor; transformadores até 250 kVA (160-250 kVA).

- I. Conforme projecto-tipo dos postos de transformação aéreos Tipo AI-1 e AI-2 Direcção Geral de Energia
- II. Para potências até 250 kVA: 160 e 250 kVA
- III. Ligação do transformador à linha de M.T., feita através de um interruptor-seccionador
- IV. A ligação efectua-se na extremidade de uma derivação

PT Cabina Alta

- I. Normalmente utilizados nas redes de distribuição de B.T. rurais
- II. São designados por interiores porque se encontram estabelecidos dentro de uma construção que constitui uma protecção contra a intempérie
- III. Conforme projecto-tipo dos postos de transformação aéreos Tipo Direcção Geral de Energia
 - * Tipo CA1 – potências até 250 kVA
 - * Tipo CA2 – potências de 400 e 630 kVA

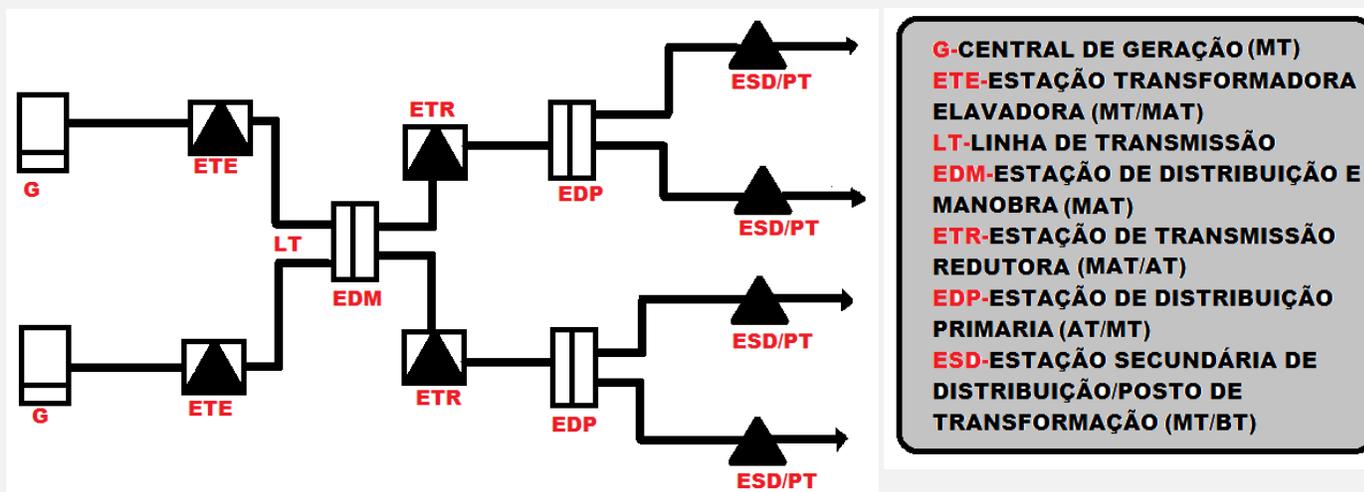


Figura 4.3.7 Esquema simplificado do Sistema Eléctrico



Entre muitos técnicos há uma confusão da diferença do posto de transformação e a subestação. O posto de transformação, a sua saída e de conexão directa com a carga, enquanto uma subestação para sua energia chegar a carga tem de passar por outras transformações, logo fica claro que uma subestação é diferente de um posto de transformação, como pode-se compreender pela figura 4.3.8.

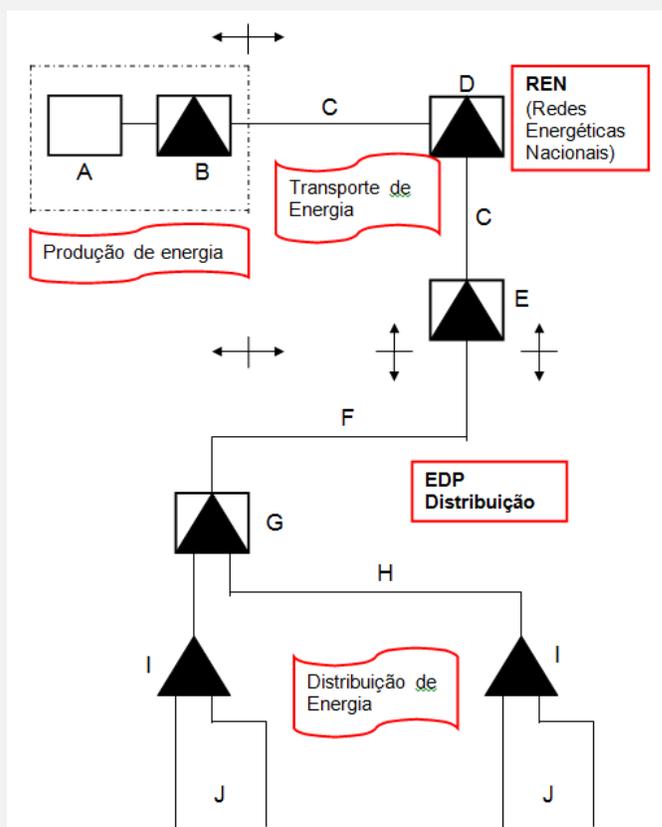


Figura 4.3.8 Sistema Eléctrico Fonte: [BOLOTINHA, Manuel]

LEGENDA DA FIGURA

A – Central (EDP, ENDESA, GALP ENERGIA, ENERCON, AEROGERADORES DE PORTUGAL, etc.)

- Hidroeléctrica

- Termoeléctrica

- Carvão

- Gás

- Ciclo combinado

- Eólica

- Biomassa

- Fotovoltaica

B – Subestação elevadora MT/MAT⁽¹⁾

C – Linha aérea/cabo MAT

D – Subestação MAT/MAT

E – Subestação MAT/AT

F – Linha aérea/cabo AT

G – Subestação AT/MT

H – Rede de distribuição MT (aérea e subterrânea)

I – Posto de Transformação MT/BT

J – Rede de distribuição BT (aérea e subterrânea)

4.5.1 Associação de transformadores

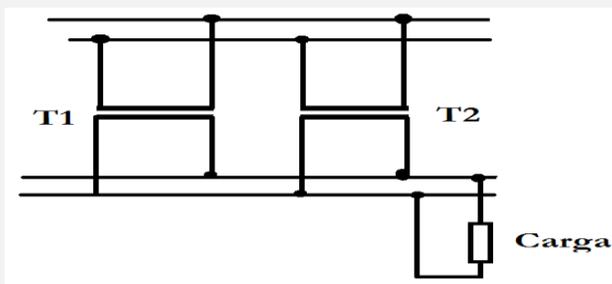


Figura 4.3.7 Associação de dois transformadores em paralelo Fonte: [Autor]

Condições para o paralelo de transformadores

1ª Condição: Tensões iguais

Caso não seja satisfeita esta condição um dos transformadores fornecerá corrente ao outro, provocando assim o aumento da queda de tensão e desequilibrando todo o sistema.

2ª Condição: Iguais tensões de curto-circuito

Esta condição é necessária para que a repartição de carga entre os transformadores se faça sem que um deles possa entrar em sobrecarga.

3ª Condição: Terem mesmo grupo de ligação

Caso não seja satisfeita esta condição, poderá ser provocar um curto-circuito entre os transformadores.

O valor da defasagem entre as tensões primária e secundária define o grupo de ligações do transformador (por exemplo, num transformador $Yy5$, a tensão secundária está desfasada de 150° relativamente à tensão primária – em atraso).

Tabela 4.5.1 – Principais grupos de ligações

Índice de Defasagem ou Horário	Símbolo da Ligação	Diagrama Vectorial	
		Tensão mais elevada	Tensão menos elevada
0 (0°)	Dd0		
	Yy0		
	Dz0		

5 (150°)	Dy5		
	Yd5		
	Yz5		
6 (180°)	Dd6		
	Yy6		
	Dz6		
11 (330°) (-30°)	Dy11		
	Yd11		
	Yz11		

Os grupos de ligações mais habituais nos transformadores MT/BT das redes de distribuição são *Dyn5* e *Dyn11*.

O posto de transformação é o coração da distribuição de energia em baixa tensão como pode ser ilustrado na figura 4.5.

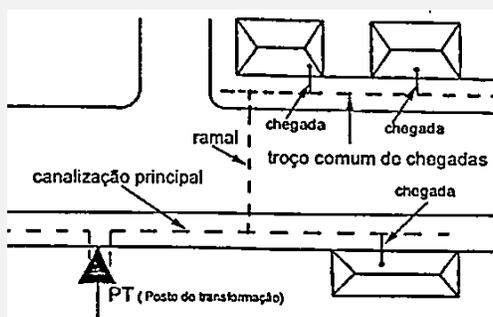


Figura 4.5 Rede eléctrica de baixa tensão Fonte: [ISEL]

O dimensionamento da potência de um posto de transformação depende o critério a ser aplicado, assunto a ser tratado no capítulo 5.

Em posto de transformação tipo cabine a sua construção deve-se basear na tabela 4.

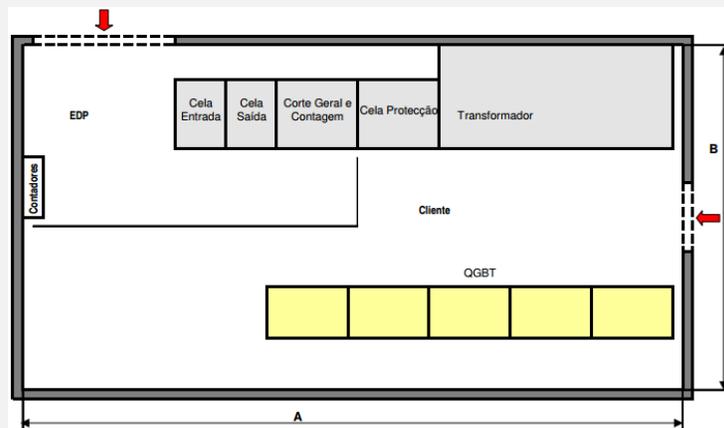


Figura 4.6 Cabine para posto de transformação Fonte [L. Sousa Martins Setúbal, Março de 2005]

Essas cabines podem ser pré-fabricadas ou construídas no local a ser montado o PT, geralmente são usadas as pré-fabricadas.

Tabela 4.3 Dimensões das cabines Fonte: [L. Sousa Martins Setúbal, Março de 2005]

Dimensões Mínimas	Potência instalada				
	250 a 500kVA	630 a 1000kVA	1250 a 2000kVA	2x630 a 1000kVA	2x1250 a 2000kVA
A	4,7m	5m	5,5m	8,5m	9m
B	4m	4m	4m	4m	4m
S	20 m ²	26 m ²	28 m ²	40 m ²	46 m ²
H	2,6 m ²	2,6 m ²	2,6 m ²	2,8m ²	2,8 m ²

Em caso de cabines construídas podemos ter a seguinte disposição figura 4.7.

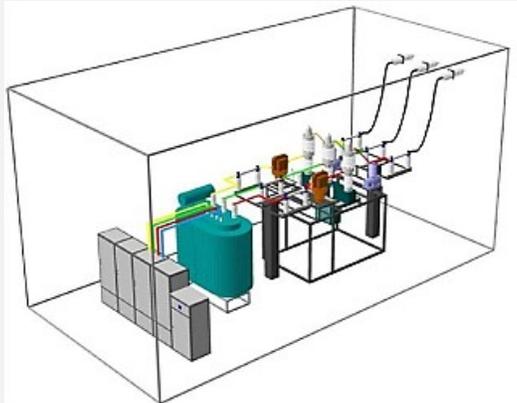


Figura 4.7 Cabine da PT Fonte: [SimpleBcenter, Angola]

Em instalações essenciais que de certa forma não podem ser desligadas, recorre-se ao uso de grupo gerador, não fugindo a regra também devem ser dimensionadas as dimensões.

Grupo Motor Gerador (**GMG**) é um equipamento que possui um motor (Diesel, Gasolina ou Gás) de reconhecida performance, acoplado a um gerador de moderna tecnologia e montado sobre base metálica, com accionamento manual ou automático.

4.4 Instalação de um grupo gerador

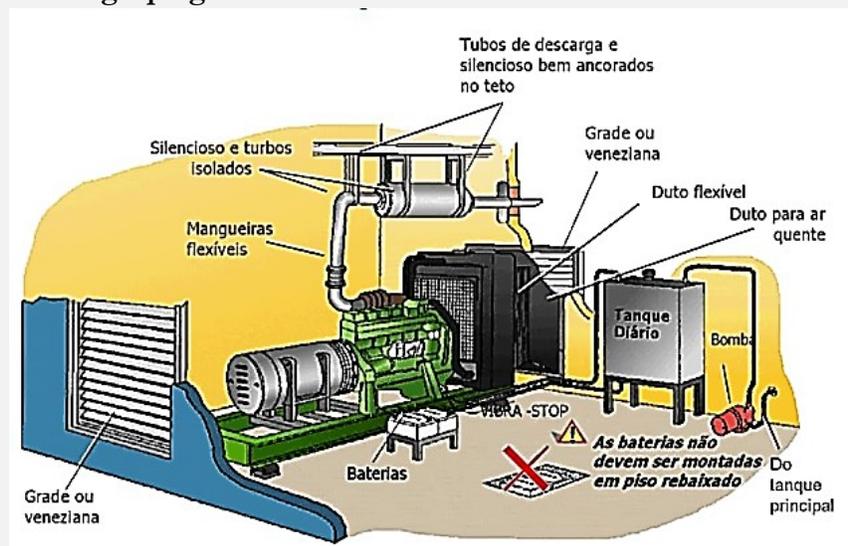


Figura 4.8 Cabine do grupo gerador Fonte: [HEIMER]

Nas instalações eléctricas, no caso de grupos geradores há que considerar os aspectos como:

- ♣ Dimensões da cabine
- ♣ Dimensões do tanque de combustível
- ♣ Peso do grupo
- ♣ Modo de operação
- ♣ Nível do ruído
- ♣ Potência do grupo

4.4.1 Local da instalação

- ☞ O grupo deverá ser instalado num local afecto a serviços eléctricos.
- ☞ O acesso ao grupo deverá ser reservado a pessoas qualificadas e autorizada.
- ☞ Devera existir no local uma iluminação de segurança, de comando manual.
- ☞ Devera ter no local meios adequados de extinção de incêndios;
- ☞ Se o grupo for instalado em recinto fechado terá de haver uma correcta ventilação com o exterior; os gases de combustão deverão ser libertados directamente para o exterior.

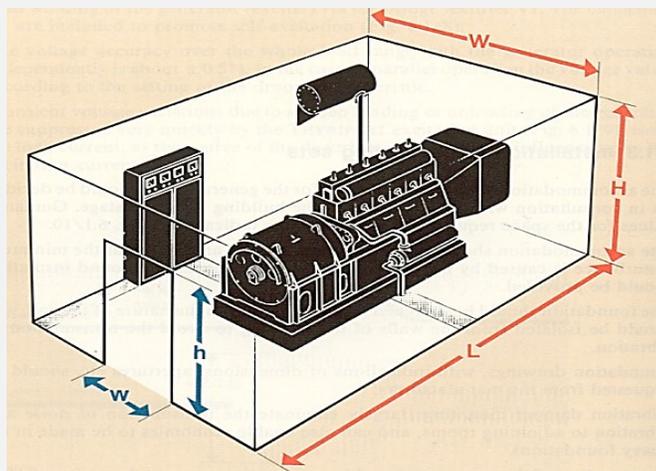


Figura 4.9 Cabine do grupo gerador Fonte: [L. Sousa Martins Setúbal, Março de 2005]

Com vista a obtenção das dimensões da cabine é com base na tabela 4.9.1, que é orientada em função da potência do grupo gerador.

Tabela 4.9.1 Dimensões da cabine do grupo gerador Fonte: [L. Sousa Martins Setúbal, Março de 2005]

Potência	20 a 60 kVA	100 a 200kVA	250 a 550 kVA	650 a 1500kVA
L	5m	6m	7m	10m
W	4m	4,5m	5m	5m
H	3m	3,5m	4m	4m
w	1,5m	1,5m	2,2m	2,2m
h	2m	2m	2m	2m

Não só deve ser prevista as dimensões da cabine, mais também as dimensões dos respiradores. Que visam a garantir que a temperatura no interior seja inferior 40° Celsius.

4.4.2 Sistemas de operação de um grupo gerador.

O grupo gerador pode operar em 4 modos, apresentados na tabela abaixo.

Tabela 4.4.1 Modos de operação de grupos geradores Fonte: [Autor]

Regimes de operação	Características	Regime de carga
Contínuo	*Carga variável *Horário programada 1000h/ano	90%
Prime	*Carga variável *Sem limites de horas	85%
Base Power	*Carga contínua *Sem limites de horas	80%
Standby	*Carga variável *300h/ano	100%

A entrada do grupo de gerador depende da exigência do projecto, porem em media dura 10-30 segundos. Com o desenvolvimento de tecnologias existem sistemas de transferências mais rápidas e eficientes. O processo de transferência de carga segue uma sequência apresentada no diagrama na figura 4.4.1

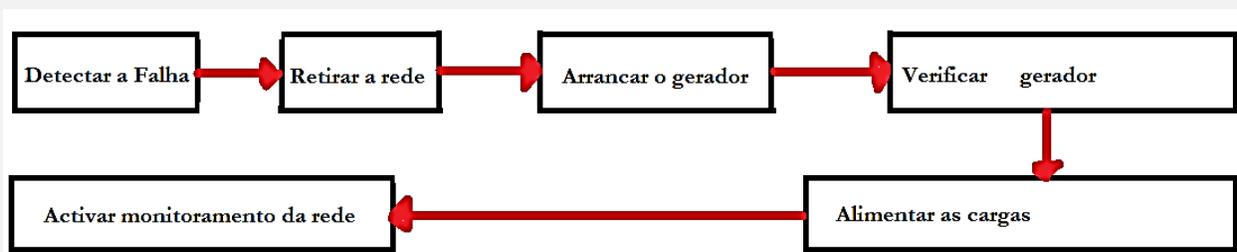


Figura 4.4.1 Diagrama de transferência de Alimentador Fonte: [Autor]

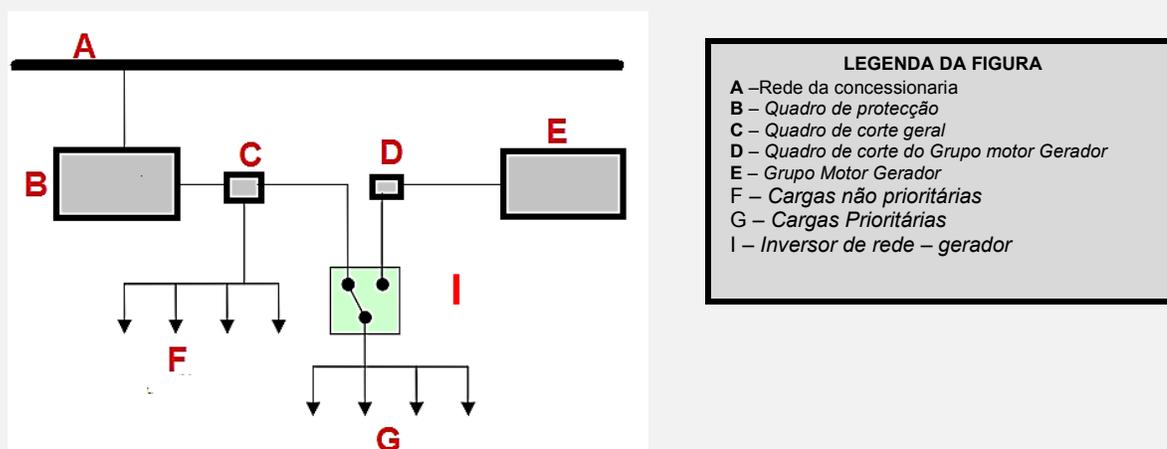


Imagem 4.4.1.1 Diagrama de inversão de rede-gerador Fonte: [Autor]

4.5 Determinação da capacidade do grupo gerador

- ☞ Fazer levantamento de cargas
- ☞ Identificar as cargas exercias, críticas e comuns
- ☞ Escolher o tipo de sistema a instalar

Determinar a potência do gerador levando em conta o fator de simultaneidade das carcas a alimentar, a potência adicional na ordem de 20-25% sem esquecer o fator de serviço do gerador.

Tabela 4.5 Factores de simultaneidades Fonte: [Adaptado, Wickpedia]

Local	Factor de simultaneidade
Prédios administrativos	0,8-0,9
Hospitais	0,4-0,8
Centros comerciais	0,9-1
Industrias	1
Hotéis	1

Em caso da potência do grupo for maior, e necessite de um conjunto de grupos geradores recomenda-se que seu arranque seja escalonado.

Em função de número de horas na qual o grupo devera funcionar, pode-se determinar a quantidade de combustível.

De forma aproximada pode-se determinar o consumo do combustível do grupo pela expressão:

$$\text{Consumo por hora} = \frac{1,0878 \times \text{KVA}}{\text{Redimento do grupo}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{hora}} \right]$$

Como a densidade do diesel é 0,854Kg/litro teremos

$$\text{Quantidade em litros} = \frac{\text{Consumo por hora}}{0,854} \text{ [Litros/hora]}$$

E assim poderemos achar a quantidade total do combustível pela expressão abaixo

$$Q_{\text{combustível}} = \text{Numero de horas} * \text{Consumo em litros}$$

Algumas recomendações

- ☞ O tanque deve ter o indicador de nível
- ☞ Ter uma tampa de visita e limpeza
- ☞ Garantir que a temperatura do combustível não ascenda 40° C
- ☞ Ter uma válvula de limpeza
- ☞ Ter um orifício de respiro que alivie a pressão no interior do tanque
- ☞ O pescador com tela deve estar a 50mm do fundo do tanque

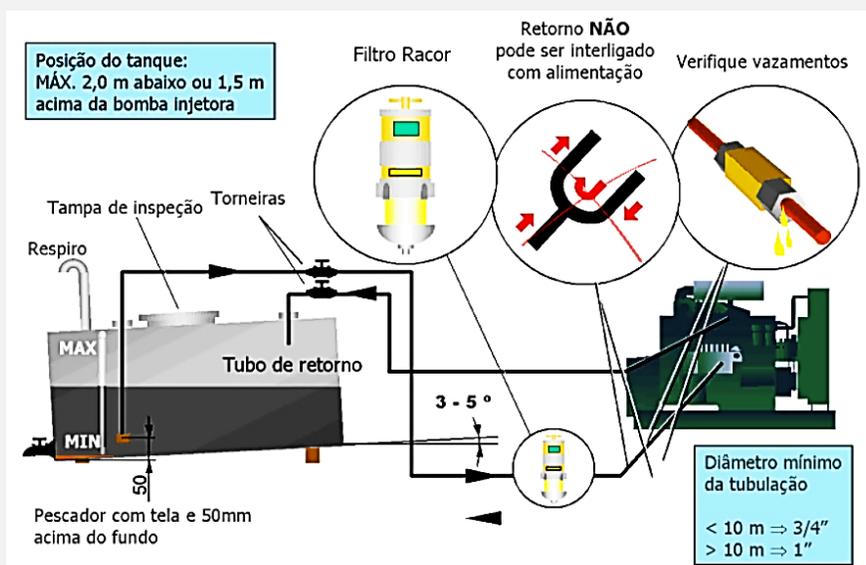


Figura 4.4.2 Sistema de alimentação de combustível Fonte: [HEIMER]

5

Dimensionamento de instalações eléctricas

Nas instalações eléctricas devem ser determinadas as potências a serem instaladas, incluindo as capacidades dos equipamentos a serem instalados. Esta determinação, compreende um conjunto de técnicas e legislações que visam a obter melhores resultados.

Cabe ao projectista a tarefa de dimensionamento, tarefa que não é nada fácil; mas, com ajuda do diagrama abaixo é possível ter-se uma ideia.

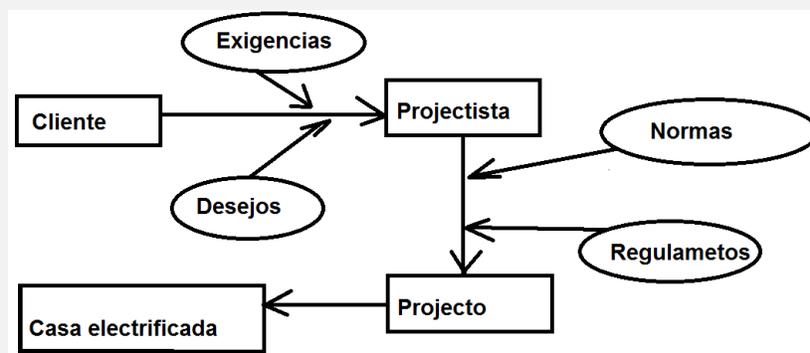


Figura 5 Elaboração do projecto Fonte: [Autor]

5.1 Instalação eléctrica- é o conjunto de condutores e aparelhos necessários para o transporte de energia eléctrica aos aparelhos receptores.

Um bom técnico em qualquer área, deve ser capaz de Projectar e construir uma instalação perfeitamente funcional de modo mais simples possível e económico.

Para um bom projecto deve-se reunir seguintes itens:

- ✎ Esquema claro e simples no alcance de todos sem grandes esforços de compreensão;
- ✎ Cálculo das potências efectiva e dos condutores realizados de modo que atinjam os limites exigidos para que por outro lado não se faça economias prejudicadas.
- ✎ Selecção dos materiais necessários deve ser feita de acordo com a segurança técnica.
- ✎ Dever ser regido por normas e regulamentos de instituições e entidades credenciadas (ex: Conselho Municipal, Ministério da Energia e Recursos Minerais, INNOQ, etc.), do governo e concessionaria local (ex: Decreto do conselho de ministros e EDM); dependendo da magnitude (tensão e potência instalada) e ambientes aplicáveis do projecto são atribuídas as exigências.

O projecto representa é a síntese dos conhecimentos do técnico no campo específico, considerado e não se improvisar mais, basear-se em raciocínio lógico no qual é preciso considerar os princípios fundamentais, sem que se corra o risco de projectar e construir uma instalação cujo funcionamento evidenciará os erros, de conceitos nos quais se incorre ao projectá-los.

De um modo geral, um projecto compreende quatro partes:

- ✎ Memória descritiva e justificativa, em que o projectista descreve a solução;
- ✎ Conjunto de plantas e detalhes que deverão conter todos os elementos necessários;
- ✎ Especificação, onde se descreve o material a ser usado e as normas para a sua aplicação;
- ✎ Orçamento, em que são levantadas a quantidade e custo do material e mão-de-obra.

5.3 Alimentação das instalações

A alimentação das instalações em baixa tensão é feita em Moçambique, em corrente alternada 50Hz à tensão de 380/220V (Zonas urbanas) ,230/400 (Zonas rurais) quando existem cargas trifásicas e/ou quando a potência de utilização ultrapasse os 30KW, a alimentação das instalações deverá ser trifásica.

Em Moçambique as instalações eléctricas são classificadas em 10 categorias conforme o Decreto_48/2007.

5.4 Potências nominais a considerar no dimensionamento das instalações

Recomenda-se que as instalações a estabelecer em residências ou uso profissional basear-se na tabela 5.4

Tabela 5.4 Potências recomendadas para o dimensionamento Fonte: [CENFIM, Lisboa]

Tipo de Instalação	Potência unitária
Iluminação e tomadas de usos gerais	25 VA/m²
Instalações fixas ou não de climatização ambiente	80 VA/m²
Máquinas de lavar ou secar	3,3 kVA
Cozinha eléctrica em habitações	
Até 3 divisões (T2)	3 kVA
4 divisões (T3)	4 kVA
5 divisões (T4)	5 KVA
mais de 5 divisões	8 kVA
Aquecimento eléctrico de águas para habitações	
Até 3 divisões (T2)	1,5 kVA
4 divisões (T3)	2 kVA
5 divisões (T4)	3 kVA
mais de 5 divisões	3 kVA

NB: Na contagem das divisões devem ser consideradas as que tiverem áreas superiores a 4m².

Em instalações como edifícios públicos e outros seguem-se a tabela 5.4.1

Tabela 5.4.1 Potências recomendadas para locais públicos Fonte: [CENFIM, Lisboa]

Tipo de Instalação	Potência unitária (mín. regulamentar)	Potência unitária (Recomendado)	Coefficiente de simultaneidade
Escritórios			
Até 1000 m ²	30 VA/m ²	60 VA/m ²	1
Superiores a 1000 m ²	30 VA/m ²	60 VA/m ²	0,75
Escolas	30 VA/m ²	40 VA/m ²	1
Locais de Culto, Bibliotecas, Museus	10 VA/m ²	25 VA/m ²	1
Hospitais			
Até 2500 m ²	20 VA/m ²	40 VA/m ²	0,4
Superiores a 2500 m ²	20 VA/m ²	40 VA/m ²	0,3
Hotéis			
Até 1000 m ²	20 VA/m ²	3500 VA/quarto	0,5
Entre 1000 m ² e 4000 m ²	20 VA/m ²	4000 VA/quarto	0,4
Superiores a 4000 m ²	20 VA/m ²	4000 VA/quarto	0,3
Restauração	20 VA/m ²	200 VA/m ²	1
Comércio	20 VA/m ²	40 VA/m ²	1
Armazéns			
Até 1000 m ²	4 VA/m ²	10 VA/m ²	1
Superiores a 1000 m ²	4 VA/m ²	10 VA/m ²	0,75
Garagens / Estacionamento	4 VA/m ²	10 VA/m ²	1
Sistemas de Ventilação		25 VA/m ²	1

Com o critério acima especificado, pode ser determinado a potência do posto de transformação de alimentação em função da área do recinto. Porém não é suficiente, deve-se também ser prevista o crescimento de carga, que em geral usa-se um valor entre 5 a 9% e pela expressão abaixo calcula-se a nova potência.

$$P_{acrescida} = P_{calculada} + P_{calculada} \times \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right)^n$$

n - período de previsão de crescimento de carga

α - taxa de crescimento

Como é possível ver pelas tabelas se obtém uma potência aparente devendo ser feita a conversão, caso necessário para potência activa pela expressão

$$P = S \times \cos\varphi$$

O factor de potência ($\cos\varphi$) é recomendado 0.8.

Com vista a se obter, resultados mais eficazes em algumas instalações como, Hotéis, Industrias, escritórios e outros pode-se basear na tabela.

Tabela 5.4.2 Potências a atribuir por área Fonte: [Adaptado, BBC Lisboa 1977]

Tipo de Instalação		Potência mínima	Potência recomendada
Escritório	Sem Ar-condicionado	80W/m ²	120W/m ²
	Com Ar-condicionado	120W/m ²	150W/m ²
	Por local de trabalho	2,5 kVA	3kVA
Escola	Em Geral	30W/m ²	50W/m ²
	Por Sala de aula	50W/m ²	75W/m ²
	Laboratório	120W/m ²	200W/m ²
Hotéis	Edifício grande	40W/m ²	80W/m ²
	Por Quarto	3,5 kVA	4,5 kVA
Hospitais	Em Geral	60W/m ²	120W/m ²
Auditórios	Em geral	-----	10W/m ²
Clubes	Em geral	-----	20W/m ²
Igrejas	Em geral	-----	10W/m ²
Bancos	Em geral	-----	30W/m ²
Industria	Química	250 W/m ²	500W/m ²
	Laminação de ferro e aço	200 W/m ²	400W/m ²
	Metalúrgica	100W/m ²	300W/m ²
	Têxteis	50W/m ²	150W/m ²
Sala de Exercício	Expositores	25W/m ²	50W/m ²
	Iluminação de Ambiente	40W/m ²	80W/m ²

No processo de previsão de carga, a que considerar os factores de utilização e simultaneidade.

Coefficiente de simultaneidade – Este caracteriza o regime de utilização da instalação o que implica o conhecimento detalhado da instalação e dos seus modos de exploração.

Coefficiente de utilização – Este caracteriza o regime do funcionamento do receptor.

NB: *No uso do critério das tabelas 5.4,5.4.1, e 5.4.2 apenas é considerado o factor de simultaneidade.*

No caso das tabela 5.4,5.4.1, e 5.4.2 os coeficientes de simultaneidade a considerar são:

Tabela 5.4.3 Coeficientes de Simultaneidade Fonte: [Adaptado, BOSSI 2002]

Tipo de instalação	Coefficiente de simultaneidade Ks
Iluminação e tomadas	0,7-1
Cozinhas	0.8-1
Aquecimento, Frio e Ventilação	1

Advertência (Decreto-48/2007)

*Sempre que se trate de instalações de potência instalada num total superior a **50 kVA** (incluindo quaisquer outras anteriormente estabelecidas no mesmo local e pertencentes ao mesmo proprietário) ou de tensão superior 1250 volts, o projecto será acompanhado de um termo de responsabilidade, pela execução de trabalhos e exploração das instalações, prestado por um engenheiro Electrotécnico ou mecânico, diplomado com o curso de uma escola superior e devidamente licenciado nos termos da legislação em vigor, e todas as suas peças serão assinadas ou rubricadas pelo técnico responsável mantendo-se a faculdade consignada no nº 4 do artigo 11.*

*Para instalações de potência não superior a **50 kVA** e de tensão inferior a 250 Volts, o Ministério da Energia poderá dispensar a declaração de responsabilidade pela exploração, ficando, porém, as empresas ou os proprietários destas instalações sujeitos às responsabilidades previstas nos artigos 60 e 61 deste regulamento.*

Para um pequeno projecto residencial as secções dos condutores dos circuitos alimentadores podem ser seleccionados segundo a tabela 4.3.3.1

Tabela 5.3.3.1 Secções mínimas de circuitos alimentadores Fonte: [Adaptado, BBC Lisboa 1977]

Tipo	Secção do condutor (Cobre)	Tamanho do tubo
Iluminação	2x1,5	16
Tomadas de uso Geral	2x2,5 +T2,5	16
Maquinas de lavar	2x2,5 +T2,5	16
Aquecimento	2x2,5 +T2,5/4x2,5 +T2,5	25
Fogão	2x4+T4/2x6+T6	25
Sinalização/Controle	2x1	16

Potência contratada – é a potência requerida a concessionária pelo cliente a fim de alimentar seu edifício ou sua infra-estrutura.

Tabela 5.4.4 Potências contratadas Fonte: [Adaptado, CENFIM Lisboa]

Tipo de instalação	Potencia	Tensão /Corrente	Medição
Monofásico	3,45kVA	230V/15A	Directa
	6,9kVA	230V/30A	Directa
	10,35kVA	230V/45A	Directa
Trifásico	10,35kVA	400V/15A	Directa
	13,8kVA	400V/20A	Directa
	17,25kVA	400V/25A	Directa
Trifásico	27,6kVA	400V/40A	Indirecta
	34,5kVA	400V/50A	Indirecta
	41,4kVA	400V/60A	Indirecta

Após o dimensionamento segue-se a solicitação do alimentador na **EDM**, que é feita pelos seguintes procedimentos.

Tabela 5.4.5 Procedimento de ligação de nova baixada na EDM Fonte: [Adaptado, Página Web da EDM]

	Descrição	Documentos
1.Inspecção	O requerente efectua o pedido da nova ligação de acordo com as normas vigentes	Formulário da EDM (cloqui de localização, ficha de inspecção e modelo de contracto) Identificação (BI, passaporte, NUIT, Cartão de recenseamento Militar, DIRE, Cédula pessoal)
2.Vistoria	Os técnicos da EDM-EP efectuem uma visita ao local para verificarem as condições técnicas e vistoria /inspecção a instalação	-----
3.Pagamento e assinatura do contrato	O requerente efectua o pagamento de um único valor e assina o contracto.	-----
4.Ligacao	Os técnicos da EDM-EP efectuem a ligação do cliente a rede	-----
3.Cadastro da documentação da rede	O cliente é registado nos sistemas de facturação e cobrança e nos Registro de documentos da rede	-----

Para poder proceder com a tabela 5.4.5 é exigido do cliente as seguintes documentações:

- ✗ **Formulário de pedido**
- ✗ **Projecto da instalação eléctrica**
- ✗ **Termo de responsabilidade**
- ✗ **Memória descritiva**
- ✗ **Documentos de identificação**
- ✗ **Documento comprovativo de posse do imóvel**

5.4.1 Outras cargas específicas no projecto eléctrico

Em uma instalação existem variadas cargas, as quais pelo método de áreas não são eficientes a sua previsão, visando assim recorrer a outros métodos. Com as tabelas abaixo podemos determinar essas cargas.

Tabela 5.4.1 Potências nominais das bombas para residências Fonte: [Adaptado. CPT brasil]

Altura H (m)	Vazão (L/h)	Potencia (HP)
10	1928	1/4
15	1350	1/4
20	1038	1/4
25	1114	1/3
30	914	1/3
40	1059	1/2
50	1286	3/4

Tabela 5.4.2 Potências nominais de alguns aparelhos para residências Fonte: [Adaptado. CPT brasil]

Aparelho	Potencia (W)	Aparelho	Potencia (W)
Aquecedor para banho	2500	Geleira	300 a 800
Aspirador de pó	300	Grelha	1000
Batedora	100	Liquidador	200
Bomba de água	400	Máquina de costura	100
Condicionador de ar	1300	Máquina de lavar roupa	1000
Chuveiro	2500 a 5000	Rádio	50
Ebulidor	1000	Radiola	200
Enceradeira	300	Secador de cabelo	300
Exaustor	400	TV preta e branco	200
Ferro de passar roupas	500 a 1200	TV a cores	250
Fogão eléctrico	5000	Torneira eléctrica	1500
Forno eléctrico	2000	Torradeira	1000
Forno de Microondas	1200	Ventilador	100

NB: *Os valores da tabela 5.4.2 não é fixa dependem também da marca dos equipamentos, ou seja é possível consultar nos catálogos*

Previsão de ventiladores

Tabela 5.4.3 Renovações de ar/hora Fonte: [Adaptado, Engº Benvindo]

Natureza do local	Renovações de ar/hora	Natureza do local	Renovações de ar/hora
Oficinas de pintura	30-60	Fundações	20-30
Bancos	2-4	Garagens	6-8
Lavandarias	20-30	Hospitais	4-6
Escritórios	4-6	Laboratórios	4-6
Cantinas	4-6	Restaurantes	6-10
Cozinhas industriais	15-20	Salas	2-3
Cozinhas domesticas	10-20	Teatros	10-15

$$\text{Caudal} = \text{Renovações de } \frac{\text{ar}}{\text{hora}} \times \text{Volume do local}$$

Após ser determinado o caudal poderá seleccionar a potência do motor com o catálogo do ventilador que pretende usar.

Tabela 5.4.4 Potência do ventilador Fonte: [Adaptado, Engº Benvindo]

Tipo de ventilador	rpm	Potência CV	Caudal m ³ /h			
			5	10	20	30
BCF 1225	1420	0,25	2530	2400	1920	1300
	2850	2	5220	5180	5080	4975
BCF 1350	1370	0,5	3275	3130	2660	2170
	2870	4	7000	6950	6850	6760

5.5 Determinação da capacidade da capacidade do PT público

Em função da informação das potências a instalar podemos determinar um alimentador, a um bairro pode se seguir o seguinte processo.

Sobre ponto de vista de um bairro para determinação da demanda total a instalar aceita-se que essa potência nunca é aproveitada totalmente o que fornece-nos um factor de utilização que em geral para habitações varia entre **0.4 a 0,6**. Podemos assim determinar a potência da carga:

$$P_{carga} = P_{inst} \times K_u \quad P_{inst} - \text{potência instalada} \quad P_{carga} - \text{potência da carga}$$

Como as necessidades das cargas não são as mesmas a que considerar o factor de simultaneidade e assim sendo determinamos a potência geral do bairro pela expressão:

$$P_G = n * K_u * K_s * P_{inst} \quad P_G - \text{potência geral}, K_u - \text{factor de utilização}, K_s - \text{factor de simultaneidade}$$

O factor de simultaneidade pode ser determinado de seguinte fórmula:

$$K_s = 0.15 + \frac{0.85}{\sqrt{n}}$$

Quanto a potência instalar como trata de um bairro de media economia o consumo de energia não é alto relativamente aos bairros urbanos podemos atribuir a máxima potência monofásica segundo a tabela abaixo.

Tabela 5.5 Potências instaladas Fonte: [UFP,2004]

Classificação	Trifásica	Bifásico	Monofásico
Potência	Acima de 20kW	10 a 20kW	Até 10 kW

Para além das habitações nos bairros encontramos também instituições públicas tais como hotéis, escolas, lojas entre outros por essa razão entra em consideração um factor de simultaneidade geral para essas instituições e geralmente usa-se **0,85** e também o factor de utilização que é individual as instituições. Em fim já podemos determinar a potência de uma zona habitacional pela fórmula:

$$P_H = n \times P_{inst} \times K_u \times K_{s1} + K_{s2} \sum_{i=1}^n P_{insti} \times K_{ui}$$

Os valores de factores de utilização das instituições pode ser consultando pela tabela abaixo.

Tabela 5.6 Factores de utilização de instituições públicas. Fonte [Adaptado, BOSSI 2012]

Instituição pública	Coefficiente de utilização Ku
Escola	0,75
Jardim infantil	0,75
Administração	0,5
Restaurante	0,75
Supermercado	0,9
Talho	0,5
Loja de mercadores industriais	0,75
Cabeleireiro	0,6
Lavandaria	0,95
Lojas desconhecidas	0,75
Iluminação pública	1

Tabela 5.6 Coeficientes de simultaneidade industriais Fonte: [Adaptado, Bossi 2012]

Instalação Industrial	Coefficiente de simultaneidade Ks
Carpintaria	0.15-0.3
Serrações	0.8
Fábricas de móveis	0.25-0.4
Empresas petroleiros	0.3-0.35
Industria metalúrgica	0.35
Minas	0.7-0.8
Centrais eléctricas	0.75-0.8
Fábrica de cimento	0.5-0.85.
Fábrica de fibra sintética	0.6-0.7

Fábricas de máquinas-ferramentas	0.25
Fábrica de aço	0.35
Fábrica de calçado	0.4-0.5
Fábrica de papel	0.35-0.45
Oficina de automóveis	0.15-0.5
Cervejaria	0.4-0.5
Tipografias	0.2-0.35
Industria Têxteis	0.3-0.6

A potência habitacional P_H determina a potência do posto de transformação porem a que considerar uma taxa de crescimento de carga anual que usualmente esta entre **7-9%** e o factor de potência nacional aplicada a zona habitacional é de **0,8**.

$$S_H = \frac{P_H}{\cos \varphi} \quad P_H\text{-potência activa habitacional, } S_H\text{-potência aparente habitacional}$$

$$S_{HT} = S_H + 0.09 \times S_H \quad S_{HT}\text{-potência aparente habitacional total}$$

A potência aparente S_{HT} equivalente a potência do posto de transformação a instalar, porem esse valor se não for inteiro aproximamos a uma potência mais próxima das nominais aplicados em Moçambique.

Potência nominais:30kVA,50kVA,100kVA,160kVA,200kVA,250kVA e 315kVA nas zonas urbanas podem atingir 630kVA.

5.6 Alimentadores dos motores

A alimentação de um motor ou mais, requiere um conjunto de técnicas que, visam a projectar um alimentador adequado de forma económica e eficiente sobre ponto de segurança.

Para os alimentadores de motores há que considerar.

- ☒ Queda máxima de tensão de 5%
- ☒ Temperatura ambiente de 30° C
- ☒ 1,25 da corrente de plena carga
- ☒ Corrente de arranque
- ☒ Condutores de alimentação

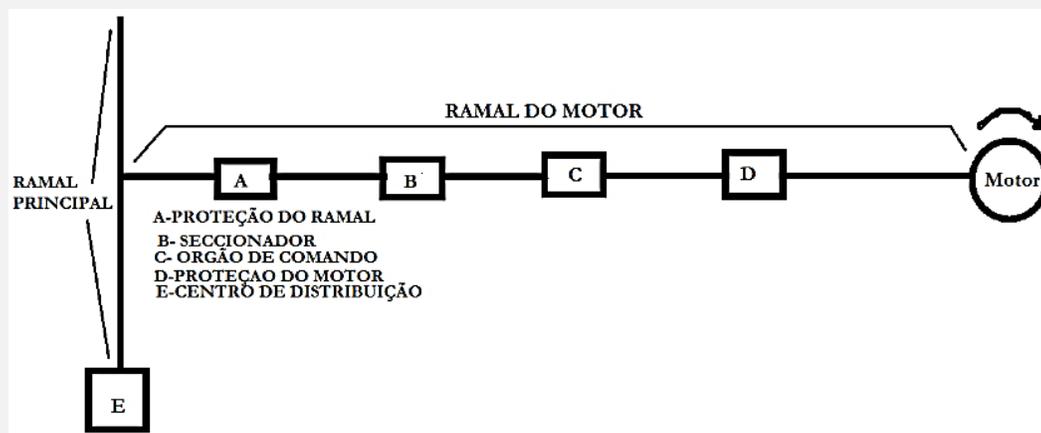


Figura 5.6 Diagrama da alimentação do um Motor Fonte: [Autor]

A alimentação do motor se for aérea a que considerar a informação da tabela

Tabela 5.6 Ramal aéreo de alimentador do motor Fonte: [Adaptado, CPT Brasil]

Tipo de ramal	Tipo de material	Vão	Bitola
Aéreo	Cobre	Até 15 m	4mm ²
		De 15 a 30 m	6mm ²
Aéreo	Alumínio	_____	6mm ² /Mínimo 6AWG

Com vista a garantir viabilidade do ramal principal determina-se o comprimento admissível do mesmo pela expressão.

1.Motor Monofásico

$$L = \frac{0,8 \times U \times S_F \times \gamma}{I_m} \times \left(\frac{1}{1+m} \right) \quad m = \frac{S_F}{S_N}$$

U – Tensão fase-neutro.

I_m- Corrente de disparo do dispositivo de protecção.

S_N-Secção do neutro **S_F** -secção da fase.

2.Motor Trifásico

$$L = \frac{0,8 \times \sqrt{3} \times U \times S_F \times \gamma}{2 \times I_m}$$

L- Comprimento do ramal em metros.

γ- Condutividade

Um aspecto importante no motor é a sua ligação à terra, que é de carácter obrigatório.

A corrente de serviço do ramal de motor, pode ser calculada pela expressão:

$$I_s = I_n + \frac{I_a}{3}$$

I_s- corrente de serviço **I_n**- Corrente nominal do motor **I_a**-Corrente de arranque do motor

Em ramais na qual é alimentado um conjunto de motores a corrente de serviço deveser calculado da seguinte forma:

$$I_s = \sum I_{ni} + 6xI_n$$

I_{ni}- Corrente nominal individual **I_n**- Corrente nominal de maior carga

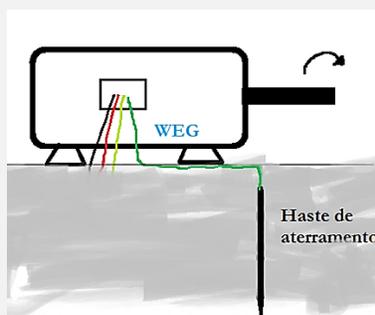


Figura 5.6.1 Ligação à terra do motor Fonte: [Autor]

As medições dos eléctrodos de terra deverão ser verificadas uma vez por ano, durante os meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro, não devem ser superiores a 20Ω .

Alimentador de motores e outras cargas

Existem casos em um único quadro alimenta os motores e as demais cargas, neste a corrente de serviço é determinado segundo a formula abaixo.

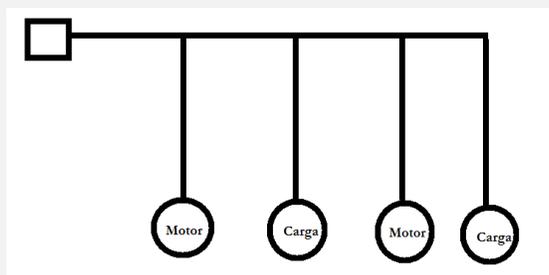


Figura 5.6.2 Alimentador de motores e cargas diversas Fonte: [Autor]

$$I_{\text{serviço}} = 1,25xI_{n \text{ maior motor}} + \sum I_{n \text{ outros motores}} + \sum I_{n \text{ outras cargas}}$$

5.7 Alimentação industrial

Em função das potências a serem supridas, estas seguem uma regra pela qual são classificadas.

- ☒ **Pequenas fabricas** – somente para potências no intervalo de 150-200kW
Alimentados directamente pela rede urbana. (Baixa tensão)
- ☒ **Medias fabricas** – compreende um intervalo de 200 -800kW
Alimentados por um ou mais postos de transformação. (Media tensão)
- ☒ **Complexos fabril**-para potências acima de 800kW.(Media tensão /Alta tensão)
Alimentados por uma rede interna de media tensão, ou seja por uma subestação privada.

Alimentação de instalações residenciais

Em redes áreas, para se montar uma baixada requiere um suporte para o cabo, este suporte existe em duas formas, que dependendo da disposição do edifício é aplicado.

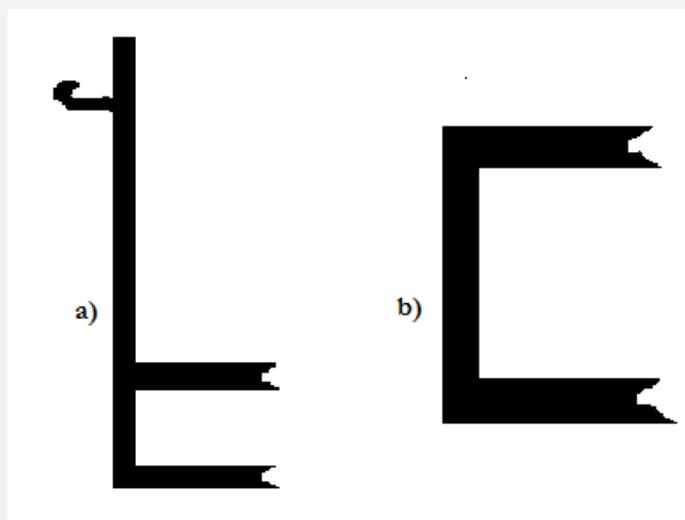


Figure 5.7 a)Postilenta, b)Consola Fonte: [Autor]

Canalização eléctrica – é o conjunto de um ou mais condutores eléctricos juntamente com os elementos que os asseguram de forma devida e ligadas a um aparelho comum.

Classificação das canalizações

Tabela 5.7 Características dos tubos Fonte: [Autor]

Tipo de tubo	Características
Rígido	Não pode ser curvado
Curvável	Pode ser curvado com a mão, por uma força razoável
Flexível	Pode ser curvado, sem muito esforço e sem recurso a nenhum meio
Transversalmente elástico	Deformando sob um acção de força depois de um tempo volta a posição inicial

O tipo de canalização a empregar deverá ser escolhido de acordo com as condições ambientes e de utilização do local. No estabelecimento das canalizações deverá, na medida do possível, evitar-se submeter as canalizações a esforços mecânicos desnecessários, reduzindo o número de curvas, de travessias.

Tabela 5.7.1 Aplicação de cada tipo de tubos Fonte: [AAT,lisboa 2003]

Condutores e Cabos	Modos de instalação							
	Sem fixação	Fixação Directa	Condutores circulares (Tubos)	Calhas	Condutores não circulares	Caminhos de cabos, escadas e consolas	Sobre Isoladores	Cabos Auto suportados
Condutores nus	Interdito	Interdito	Interdito	Interdito	Interdito	Interdito	Permitido	Interdito
Condutores isolados	Interdito	Interdito	Permitido	Permitido	Permitido	Interdito	Não permitido	Interdito
Cabos Multicondutores	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido	Não Aplicável	Permitido
Cabos Monocondutores	Não Aplicável	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido	Não Aplicável	Permitido

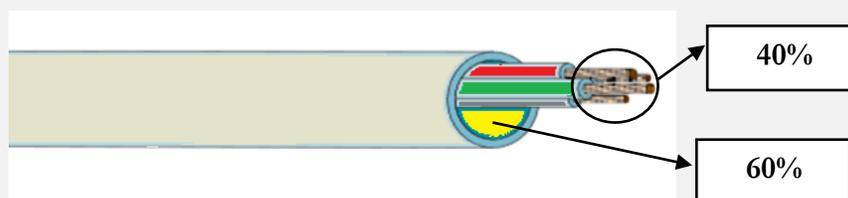


Figura 5.7.1 Tubo rígido circular Fonte: [Autor]

A determinação do tamanho do tubo, além do recurso da tabela 5.7.2 toma-se em consideração os limites de ocupação dos condutores consoante a tabela abaixo.

Tabela 5.7.2 Taxa de ocupação dos condutores nos tubos Fonte: [MAMEDE,2015]

Número de condutores/cabos	Taxa de ocupação (%)
1	53
2	31
$N \geq 3$	40

Pode-se determinar a área ocupada por um grupo de condutores pela expressão:

$$S_{Eletroduto} = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum S_{condutores}}{\text{Taxa de ocupação} \cdot \pi}} \quad \text{ou} \quad S_{Eletroduto} \geq 1,6 \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2}$$

De forma mais rápida, a secção do tubo pode-se seleccionar com a ajuda da tabela 5.7.3

Tabela 5.7.3 Tamanho do tubo em função da secção dos condutores Fonte: [Autor]

Secção mm ²	Número de condutores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	40
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
158	40	63	75	75	-----
185	50	63	75	----	-----
240	50	75	--	--	---

5.8 Determinação da secção do condutor

A selecção da secção do alimentador, deverá ter conta os aspectos como:

- ☞ Tensão nominal
- ☞ Frequência
- ☞ Potência da carga
- ☞ Corrente da carga
- ☞ Natureza da carga
- ☞ Corrente de curto-circuito

Aplicando o método de queda de tensão, são considerando os valores da tabela abaixo.

Tabela 5.8 Queda de tensão Fonte: [Adaptado, Vários]

Circuito	Motores /Tomadas	Outros	Iluminação
Queda de tensão	5%	7%	3%

De uma forma mais rápida e simples em circuito dos motores, podem ser determinadas a secções da seguinte forma.

$$S = \frac{2LI}{0,05V\gamma} \quad \longrightarrow \quad \boxed{\text{Motor monofásico}}$$

$$S = \frac{\sqrt{3}LI}{0,05V\gamma} \quad \longrightarrow \quad \boxed{\text{Motor trifásico}}$$

Onde: **L** é o comprimento do alimentador **I**- Corrente de serviço do circuito

γ é a condutividade do material condutor **Cobre-56,Aluminio -33** **V**- Tensão nominal do alimentador

Tabela 5.8.1 Secções do condutor neutro e protecção Fonte: [Autor]

Secções estipuladas de condutores mm ²		
Fase	Neutro	Protecção
1,5	1,5	1,5
2,5	2,5	2,5
4	4	4
6	6	6
10	10	10
16	10	10
25	16	16
35	16	16
50	25	25
70	35	35
95	50	50
120	70	70
150	70	70
185	95	95
240	120	120
300	150	150

Além de recorrer a tabela de secções já prevista pode-se calcular segundo a tabela abaixo:

Tabela 5.8.2 Dimensionamento da secção do neutro e protecção Fonte: [Adaptado, vários]

Dimensionamento de condutores (Neutro, protecção) mm ²		
Fase	Neutro	Protecção
$S \leq 16$	S	S
$16 < S \leq 35$	S	16
$S > 35$	S/2	S/2

5.8.1 Ligação a terra

A ligação a terra é uma técnica de conectar um sistema eléctrico a terra, com o objectivo de segurança e protecção do mesmo sistema. A conexão terra é na realidade a interface entre o sistema de ligação a terra e toda a terra, e é por esta interface que é feito o contacto eléctrico entre ambos.

Vantagens

- ☞ Reduz-se o risco de sobretensões nas fases;
- ☞ Aumenta-se a segurança contra descargas ao toque;
- ☞ Aumenta-se a confiabilidade da protecção;
- ☞ Reduz-se o risco de mau funcionamento de equipamentos;
- ☞ Diminui o risco de falta sustentada de fase;
- ☞ Pode-se detectar a presença de harmônicas múltiplas de três;

Tipos de eléctrodos

- ☞ Condutores nus
- ☞ Fitas ou cabos de aço embutidos nas instalações
- ☞ Hastes ou tubos de ligação a terra
- ☞ Barras ou placas metálicas
- ☞ Estruturas metálicas próprias para a ligação a terra.

Para se efectuar um boa ligação a terra deve-se medir a resistência da terra e se construir o seguinte gráfico:

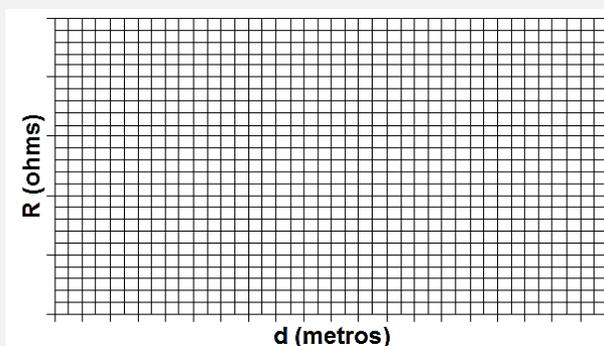


Figura 5.8.1 Estudo da resistência da terra Fonte:[Autor]

Com a informação espelhada pelo gráfico da figura 5.8.1, poderá –se determinar a resistência equivalente do sistema de terra e com esta valor a avaliar a sua viabilidade.

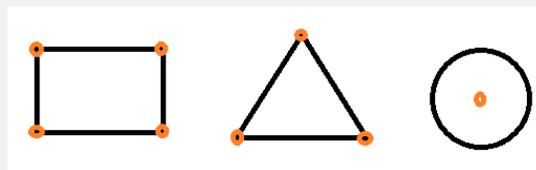
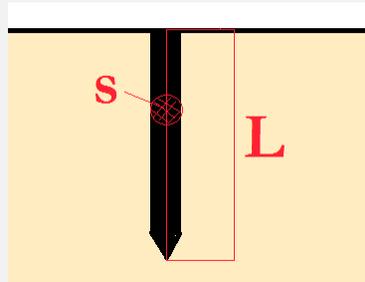


Figura 5.8.2 Formas mais comuns de ligação a terra Fonte:[Autor]

Os pontos a vermelho na figura 5.8.3 corresponde a hastes e cada haste sua resistência pode ser calculada pela expressão abaixo.



$$R_{haste} = \frac{\rho_{terra}}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{S}\right)$$

Figura 5.8.3 Haste enterrada Fonte:[Autor]

S-- Deve ser expresso em metros R --É dada em Ω

Em caso em que o valor da resistência não for satisfatório são aplicadas as seguintes medidas

- Aumento da secção.
- Associação de mais hastes em paralelo.
- Redução da resistividade do solo.
- Aumento do comprimento da haste.

Tabela 5.8.1 Resistividade da terra Fonte:[Adaptado, vários]

Tipo de solo	Resistividade $\Omega.m$
Lama	5 a 100
Argila seca	1500 a 5000
Areia molhada	1300
Areia seca	3000 a 8000
Calcário compacto	1000 a 5000
Granito	1500 a 10 000
Brita molhada	3000
Brita para grama	50
Terra de jardim	140 a 480

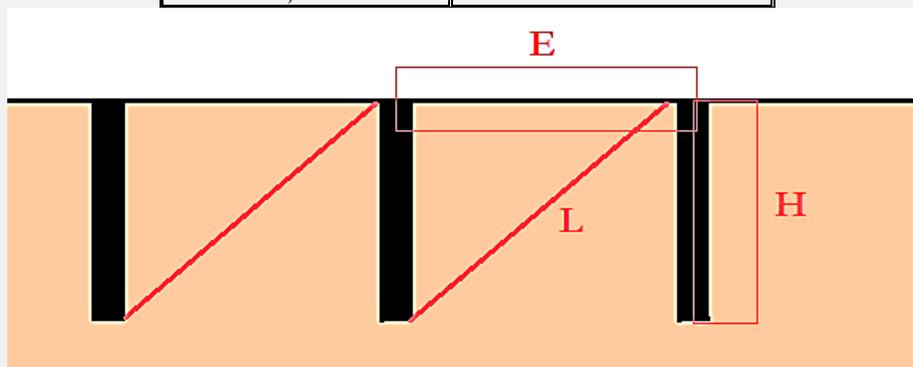


Figura 5.8.4 Associação de hastes Fonte:[Autor]

O comprimento da diagonal L é determinado pela expressão $L = \sqrt{E^2 + H^2}$ [m]

O valor da resistência da terra é influenciado por outras variadas resistências tais como:

- ☛ Resistência do material
- ☛ Resistência da concavidade geométrica do sistema de ligação a terra
- ☛ Resistência da conexão do malha da ligação a terra
- ☛ Impedância do cabo de ligação
- ☛ Acréscimo da resistência na haste devido à interferência mútua da outra haste.

Assim temos o valor total de uma haste expressa pela expressão :

$$R_{haste} = R_{ihaste} + R_{acrescida} [\Omega]$$

$$R_{acrescida} = \left[\frac{(L+H)^2 - E^2}{E^2 - (L-H)^2} \right] [\Omega]$$

Como essa associação de resistências é paralela teremos como resistência equivalente a seguinte:

$$R_{hastes\ equivalente} = \frac{1}{\frac{1}{R_{h1}} + \frac{1}{R_{h2}} + \frac{1}{R_{h3}} + \dots + \frac{1}{R_{hn}}} [\Omega]$$

É definido como a relação entre a resistência equivalente do conjunto Req e a resistência individual de cada haste sem a presença de outras como índice de redução .

$$K = \frac{R_{hastes\ equivalente}}{R_{haste}}$$

Em algumas instalações são aplicadas chapas com elemento de ligação a terra, e neste caso a resistência do terra é expressa pela formula $R = 0,8 \frac{\rho_{terra}}{L}$

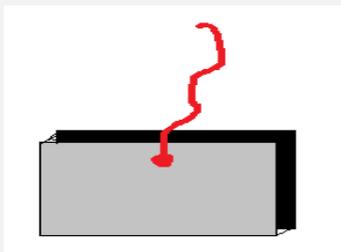


Figura 5.8.5 Chapa como elemento de ligação a terra Fonte:[Autor]

Regimes de neutro em instalações de baixa tensão

De acordo com a norma IEC 60364-4-41, os regimes de neutro das redes de distribuição em baixa tensão, classificam-se da seguinte forma

Regime TT: O neutro da instalação e as massas metálicas são ligados à terra separadamente (terra de serviço e terra de protecção).

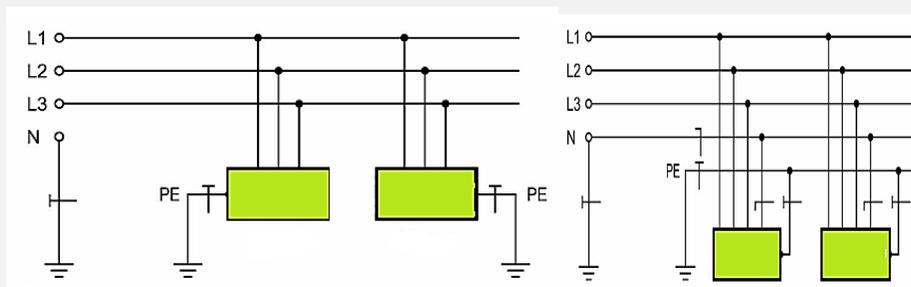


Figura 5.8.7 Ligação a terra TT Fonte Fonte:[Autor]

Regime TN: O neutro da instalação é ligado à terra e a ligação das massas metálicas à terra é feita através do neutro. Este sistema é dividido em:

- ☞ **Regime TN-C:** O condutor de neutro é também utilizado como condutor de protecção (PEN), apenas podendo ser utilizado quando a secção do condutor de neutro é $\geq 10 \text{ mm}^2$. Neste regime o condutor de neutro **não pode ser cortado** pelos aparelhos de corte e manobra.
- ☞ **Regime TN-S:** Os condutores de neutro (N) e de protecção (PE) são separados. Este regime utiliza-se quando a secção do condutor de neutro é $< 10 \text{ mm}^2$, não podendo ser instalado a montante do regime TN-S.

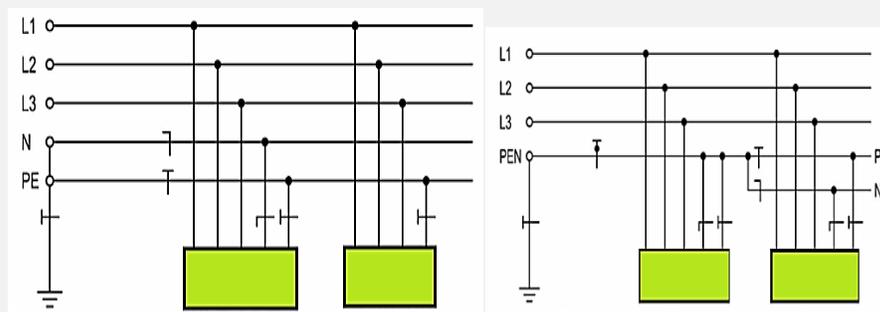


Figura 5.8.6 Ligação a terra TN-S, TN-C Fonte:[Autor]

Regime IT: Neutro isolado, com ou sem distribuição de neutro; as massas metálicas são ligadas à terra de serviço.

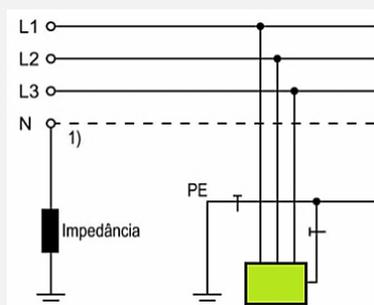


Figura 5.8.8 Ligação a terra IT Fonte:[Autor]

5.9 Motores eléctricos

O ano de 1866 é considerado como o ano do nascimento das máquinas eléctricas, pelo cientista Werner Siemens inventor do primeiro gerador eléctrico de corrente contínua. Desde a invenção do primeiro motor, os motores vem sofrendo constantes desenvolvimentos no diz respeito a massa, a eficiência, ao rendimento, e ao design. (CTC Weg,2012).



Figura 5.9 Evolução dos motores eléctricos Fonte: [CTC-Weg]



Figura 5.9.1 Futuros designs dos motores Weg Fonte:[CTC-Weg]

5.9.1 Motor eléctrico é um equipamento capaz de converter a energia eléctrica em energia mecânica e disponibilizando essa energia mecânica para seu uso.

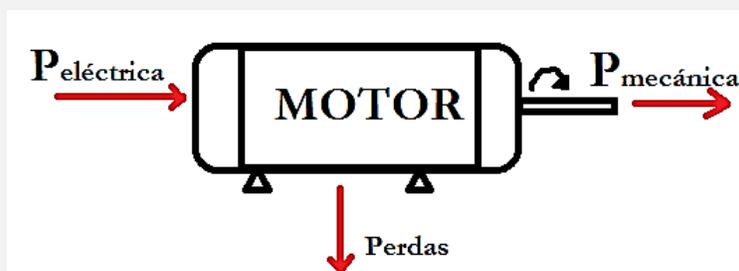


Figura 5.9.2 Transformação de energia Fonte: [Autor]

5.9.2 Aplicação de motores eléctricos

Hoje em dia, não existe uma indústria transformadora que não tenha um motor eléctrico, nas residências há sempre um aparelho que tenha um motor.

As aplicações mais notáveis dos motores são:

- ☞ Transporte de cargas
- ☞ Processos de transformação
- ☞ Transporte de pessoas
- ☞ Produção de energia eléctrica

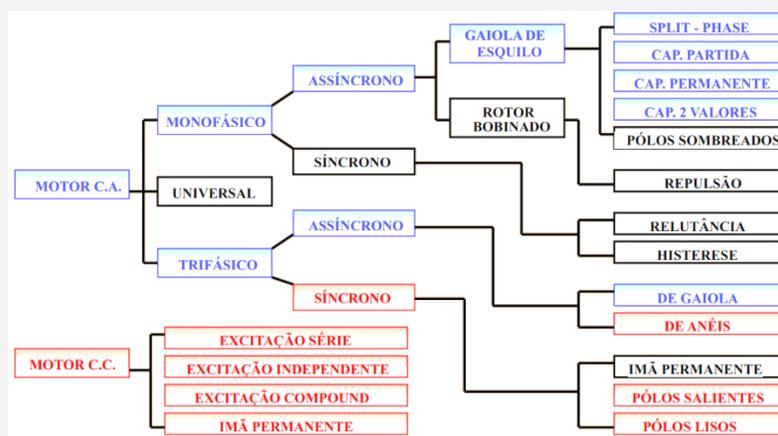


Figura 5.9.3 Classificação de motores elétricos Fonte [Catálogo da Weg]

Classificação dos motores quanto a potência e eficiência

Os motores eléctricos podem ser classificados quanto a nível de potencia assim como quanto a eficiência do mesmo.

Tabela 5.9.3 Classificação dos motores Fonte: [Adaptado, vários]

Potencia [CV]	Classificação
Até 1	Pequena potência
$1 < P < \text{ou} = 500$	Media potência
$P > 500$	Alta potência

Tabela 5.9.4 Classificação dos motores quanto a eficiência fonte: [Adaptado, Vários]

Classificação	Eficiência
Standard	Até 82%
Premium	Acima de 82 até 95%
Plus	Acima de 95 até próximo de 100%

🔔 Os regimes padronizados estão definidos a seguir:

- ☞ Regime contínuo (S1).
- ☞ Regime de tempo limitado (S2).
- ☞ Regime intermitente periódico (S3).
- ☞ Regime intermitente periódico com arranques (S4).
- ☞ Regime intermitente periódico com frenagem eléctrica (S5).

- ☞ Regime contínuo com carga intermitente (S6).
- ☞ Regime contínuo com frenagem elétrica (S7).
- ☞ Regime contínuo com mudança periódica na relação carga/velocidade de rotação (S8).
- ☞ Regimes especiais.

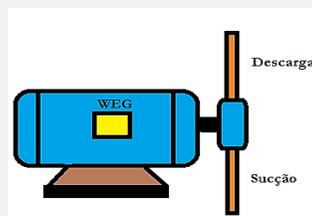


Figura 5.9.4 Bomba Fonte:[Autor]

$$P_b = \frac{9,8 \times Q \times \gamma \times H}{\eta}$$

P_b : Potência requerida pela bomba, em kW Q : vazão de líquido, em m^3/s

γ : peso específico do líquido, em kg/dm^3 (para a água = 1) H : altura de elevação mais altura de recalque, em m η : eficiência da bomba

É $9,8 m/s^2$ e é a aceleração da gravidade.

Fabricante		
Tipo de Motor		
Modelo	Frequencia	
Potência	Velocidade	
Tensão	Corrente	
FS	Isolamento	Kpartida
Regime	Categoria	Ip

Figura 5.9.5 Chapa característica do Motor Fonte:[Autor]

5.10 Luminotecnia – é a ciência que estuda métodos de exploração eficientes da luz artificial e natural a favor do homem.



Figura 5.10 Escolha a lâmpada eficaz Fonte: [Autor]

5.10.1 Aplicação da luz natural

Luz natural é toda luz que a sua origem não dependeu da acção do homem.

A questão de iluminação adequada começa ainda no projecto civil, como podemos observar a afigura 5.10.1

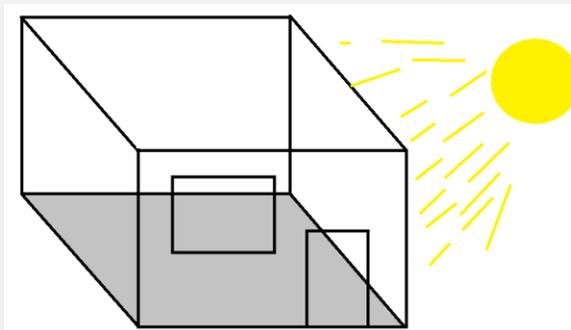


Figura 5.10.1 Radiação da luz solar no edifício Fonte: [Autor]

Para que se tenha um bom aproveitamento da luz natural deve-se obedecer as seguintes condições:

$$\alpha = \frac{\text{Área da janela}}{\text{Área da superfície do compartimento}}$$

- ✎ Se α estiver entre 0,33 a 0,5 a iluminação natural é adequada
- ✎ Se $\alpha < 0,33$ a iluminação natural é precária
- ✎ Se $\alpha > 0,5$ a iluminação natural é demasiada

Não basta só demissionar uma janela adequado para um bom aproveitamento da luz natural, tem outras medidas tais como:

- ☞ Cores claras nas paredes do edifício
- ☞ Manter as janelas limpas
- ☞ Montar clarabóias nos tectos
- ☞ Não bloquear a entrada da luz nas janelas
- ☞ Usar a cor branca na parede de frente com a janela

A aplicação de clarabóias tem sendo uma técnica com muito uso actualmente, desenvolvendo assim mais técnicas para o seu dimensionamento.

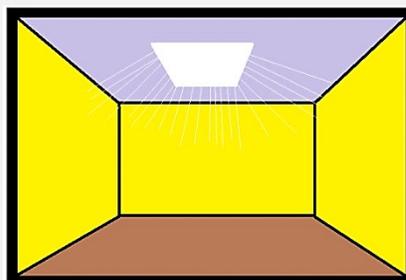


Figure 5.10.1.1 Clarabóia no tecto Fonte: [Autor]

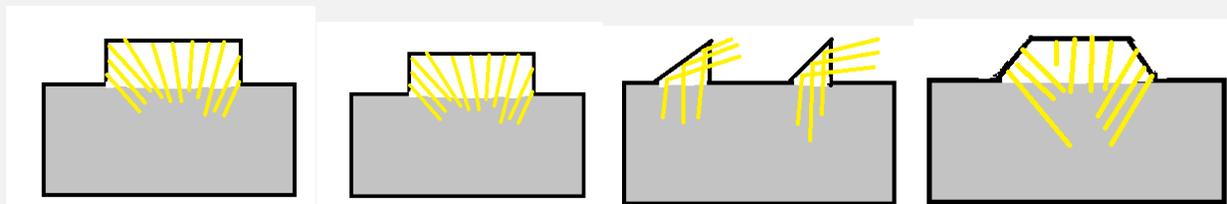


Figura 5.10.1.2 Formas de aproveitamento da luz natural Fonte: [Autor]

Além das formas apresentadas na figura 5.10.1.2 existe enumeras formas aplicáveis nas escadarias, nos corredores nos pisos subsolos com vista a obter uma boa luz natural no interior.

5.10.2 Aplicação da luz artificial

Luz natural é aquela produzida por meios que equipamentos eléctricos.

Como a luz natural não dura 24 horas ao dia, mesmo durando ela não mostra suficiente para as necessidades humanas, dai que entra em aplicação a luz artificial. Podemos encontrar três formas de aplicação da luz artificial:

- ☞ Iluminação geral
- ☞ Iluminação localizada
- ☞ Iluminação combinada

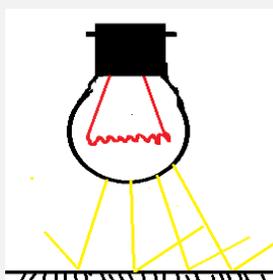


Figura 5.10.2 Fonte de luz artificial Fonte: [Autor]

A selecção do tipo de iluminação depende exclusivamente da actividade a ser exercida no local.

A aplicação da luz artificial pode-se classificar também quando a incidência segundo a tabela abaixo.

Tabela 5.10.2 Figura 5.10.2 Sistemas de iluminação Fonte: [<http://www.prof2000.pt/users/lpa>]

Iluminação directa	A totalidade do fluxo luminoso emitido é dirigido sobre a superfície a iluminar.	Evita que haja grandes perdas por absorção no tecto e paredes. Produz grandes sombras e encandeamento.
Iluminação semi-directa	A maior parte do fluxo é dirigido para a superfície a iluminar (60 a 90%), dirigindo-se o restante noutras direcções.	Neste caso o contraste sombra-luz não é tão acentuado como no sistema de iluminação directa.
Iluminação difusa ou mista	O fluxo luminoso distribui-se em todas as direcções.	Não há praticamente zonas de sombra nem encandeamento. Uma boa parte do fluxo luminoso chega à superfície a iluminar por reflexão no tecto e paredes.
Iluminação semi-indirecta	Cerca de 60 a 90% do fluxo luminoso é dirigido para o tecto.	Evita praticamente o encandeamento. Tem a desvantagem de proporcionar um baixo rendimento luminoso devido às elevadas perdas por absorção no tecto e paredes.
Iluminação indirecta	Neste tipo de iluminação 90 a 100% do fluxo luminoso é dirigido para o tecto.	Anula o encandeamento. Tem um rendimento luminoso muito baixo devido às elevadas perdas por absorção no tecto e paredes.

Tabela 5.10.2.1 tipos de lapadas e suas aplicações Fonte: [Autor]

Lâmpadas	Tempo de vida útil	Aplicação
Incandescentes	1 000 Horas	Residências, espectáculos, Iluminação pública
Fluorescente	6 0000 Horas	Escritórios, oficinas, armazéns, residências, bibliotecas, iluminação pública
Vapor de Mercúrio		Iluminação pública, espaços grandes
Luz mista		
Vapor de sódio	9 000 Horas	Iluminação de Estádios, aeroportos, balizas luminosas
Néon tubular	9 000 Horas	Decorações, reclames luminosos e sinalização
Led's	100 000 Horas	Eficiente para todas aplicações

Com a ajuda da tabela 5.10.3 pode-se determinar a carga eléctrica, da iluminação de um interior segundo a área da mesma.

Tabela 5.10.3 Potencia da iluminação por unidade de área Fonte: [FILHO,2002]

Local	Incandescente	Fluorescente
Residência	20 W/m ²	8 W/m ²
Não residencial	30 W/m ²	12 W/m ²

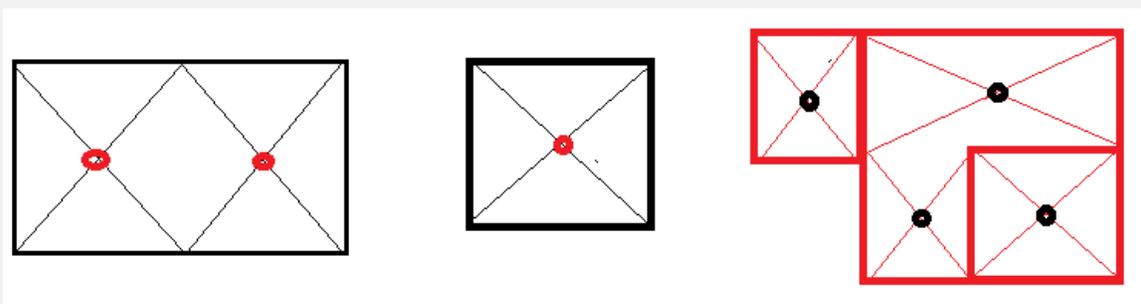


Figura 5.10.2.2 Posicionamento das lâmpadas no interior Fonte:[Autor]

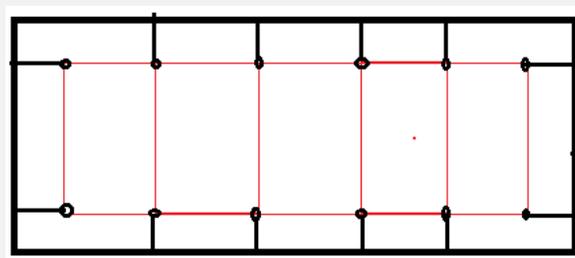


Figura 5.10.2.3 Posicionamento de lâmpadas tipo apliques Fonte:[Autor]

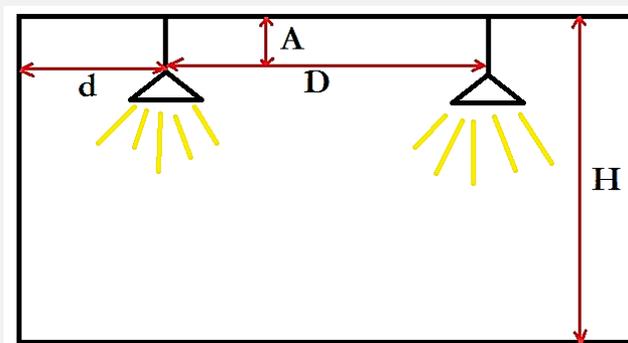


Figura 5.10.2.4 Posicionamento de lâmpadas em armazéns Fonte:[Autor]

$$A = \frac{D}{6} \quad d = \frac{D}{3}$$

$$D < 1,5H$$

Tabela 5.10.4 Grandezas da iluminação Fonte:[Adaptado, vários]

Grandeza	Definição	Relação	Unidade
Intensidade luminosa	Emissão luminosa direccionada	$I = \frac{\phi}{\Omega}$	Candela
Fluxo luminoso	Emissão luminosa total	$\phi = I * S$	Lúmen
Nível de Iluminância	Fluxo emitido	$I = \frac{\phi}{S}$	Lux
Brilho	Intensidade emitida por unidade de superfície	$Br = \frac{I}{S}$	Stilb

🔔 Determinação da quantidade lâmpadas por método de fluxos

Por este método pode-se ter uma boa eficiência luminosa pois, ele não restringe o tipo de lâmpadas apenas determina o fluxo de luminosidade necessário para iluminar um certo ambiente, ficando ao critério do projectista o tipo de lâmpadas a usar.

É um método baseado na fórmula $\Phi = E \times S$

Onde: Φ - fluxo luminoso [Lum] E- luminância [Lux] S- superfície a iluminar [m²]

Pela necessidade de uma correcção no dimensionamento a fórmula do fluxo passa para:

$$\Phi_t = E \times S \times \frac{d}{\mu}$$

- Φ_t - Fluxo total fornecido
- E - Luminância indicada para o local
- S - Área a iluminar (comprimento vezes largura)
- d - Factor ou coeficiente de depreciação
- μ - Factor ou coeficiente de utilização

Tabela 5.10.5 Luminância média por ambiente Fonte: [MAMEDE,2015]

Actividade	Iluminância Lux
Mínimo ambiente de trabalho	150
Tarefas visuais simples e variadas	250-500
Trabalho normal	500-1000
Trabalho fino (desenho)	1000-2000
Trabalho muito fino (Conserto de relógio)	Acima de 2000

Tabela 5.10.6 Factor de depreciação Fonte: [MAMEDE,2015]

Tipo de ambiente	Período de manutenção (h)		
	2500	5000	7500
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

Coefficiente de reflexão de tecto e paredes. As cores das paredes e material utilizado têm influência na reflexão da luz e portanto no fluxo luminoso que chega ao local.

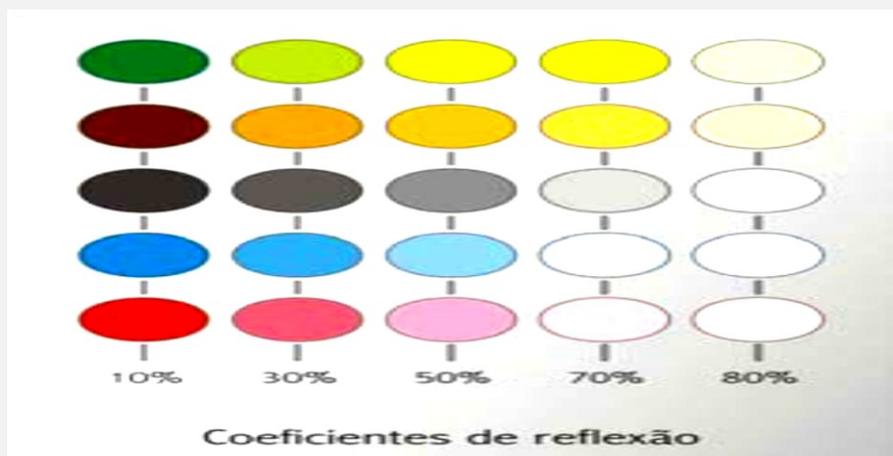


Figura 5.10.2.5 Factor de reflexão Fonte:[www.prof2000.pt/users/lpa]

Índice de local (K) – É um valor adimensional que depende das dimensões do recinto. Emprega-se a seguinte fórmula para calcular o índice do local

$$K = \frac{C \times L}{(C+L) \times H_u}$$

onde: C = comprimento do local (m) L= largura do local (m) h_u = altura útil - altura da luminária até o plano de trabalho (m).

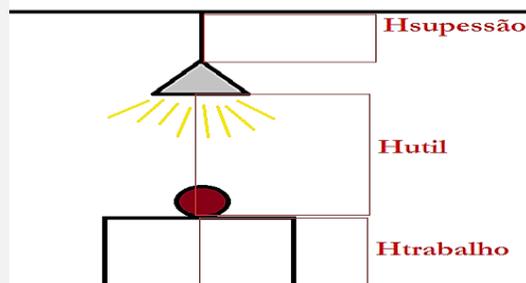


Figura 5.10.2.6 Plano de trabalho Fonte:[Autor]

Coefficiente de utilização (μ) – O coeficiente de utilização depende do índice de local (K) do coeficiente de reflexão de tecto e paredes e do sistema de iluminação e luminárias utilizadas. Cruza-se o valor do Índice do local (K) com os coeficientes de reflexão do espaço a ser iluminado.

Tecto	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.3	0.0
Parede	0.8	0.5	0.3	0.5	0.3	0.7	0.5	0.3	0.8	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	0.0
Plano trab.	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
K	Factores de utilização														
0.60	51	38	33	37	33	43	37	33	46	36	32	35	32	32	29
0.80	58	45	41	44	40	49	43	40	51	43	39	42	39	38	35
1.00	62	50	46	48	44	53	48	44	54	47	43	46	43	42	39
1.25	66	56	52	53	50	57	53	50	58	52	49	50	48	47	45
1.50	68	60	56	56	53	60	56	53	59	54	52	53	51	50	48
2.00	71	64	60	60	57	62	59	57	61	57	55	55	54	53	51
2.50	73	67	64	62	60	64	62	59	62	59	57	57	56	55	53
3.00	74	69	66	64	62	66	63	62	63	61	59	59	58	57	55
4.00	76	71	69	65	64	67	65	63	64	62	60	60	59	58	56
5.00	76	73	71	67	65	67	66	65	64	62	62	61	60	59	57

Figura 5.10.2.7 Factor de utilização Fonte:[www.prof2000.pt/users/lpa]

O numero de iluminarias a serem montados em um recinto pode ser determinado pela expressão :

$$\text{Numero de iluminarias} = \frac{\text{Fluxo total luminoso}}{\text{Fluxo individual luminoso}}$$

E a potencia a ser instalada Potência total instalada

$$P_{Total} = N_{lâmpadas} \times P_{Individual}$$

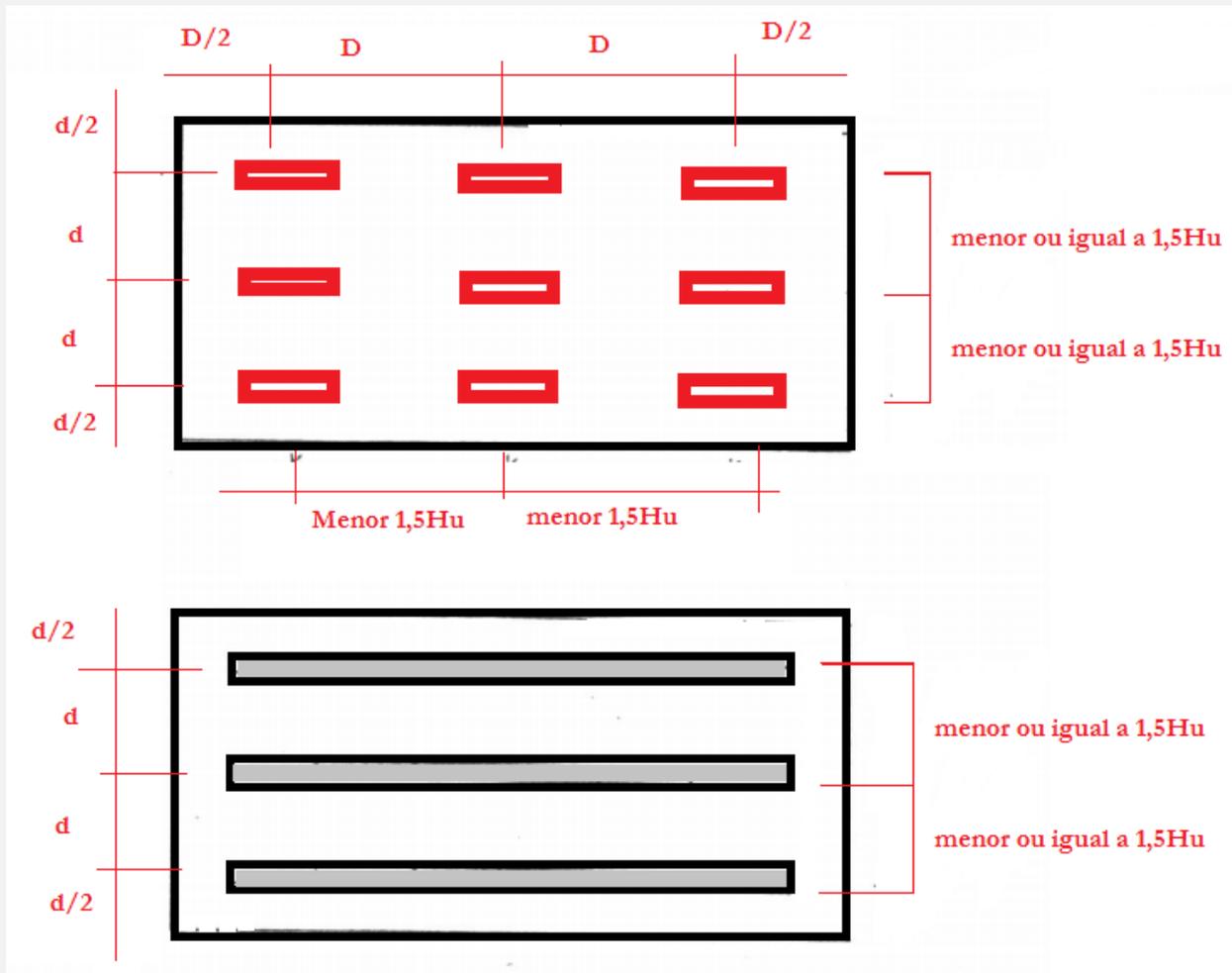


Figura 5.10.2.8 Distribuição das iluminarias Fonte:[Autor]

6

Operação de equipamentos electricos

Em geral na rede de distribuição de energia, concretamente nos Postos de transformação não são aplicados Disjuntores de média tensão, somente seccionadores (uma excepção) e sempre Drop-outs.

6.1 Operação dos seccionadores

Este equipamento por não possuir poder de corte carece de uma atenção na sua manobra.

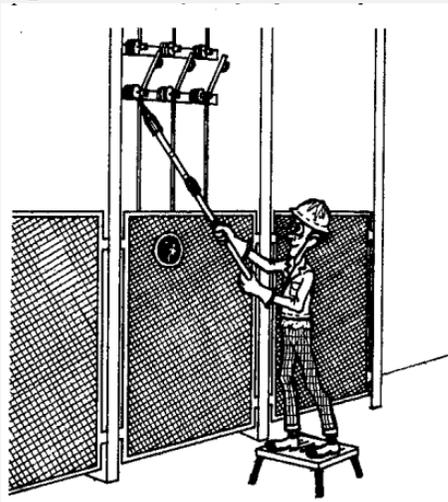


Figura 6.1 Manobrando um seccionador Fonte: [JOSEPH H. FOLEY, MEXICO 1983]

6.1.1 Procedimentos de manobra de corte

- 1-Retirar todas as cargas, desligando o interruptor geral das cargas
- 2-Desligar o seccionador (Deve ser feito em menor tempo possível para evitar efeito corona/coroa).
- 3-Conectar os circuitos de terra e protecção nos condutores que vão ao transformador de potência
- 4-manter o circuito de terra e protecção conectado enquanto estiver a efectuar qualquer operação dentro da cancela.

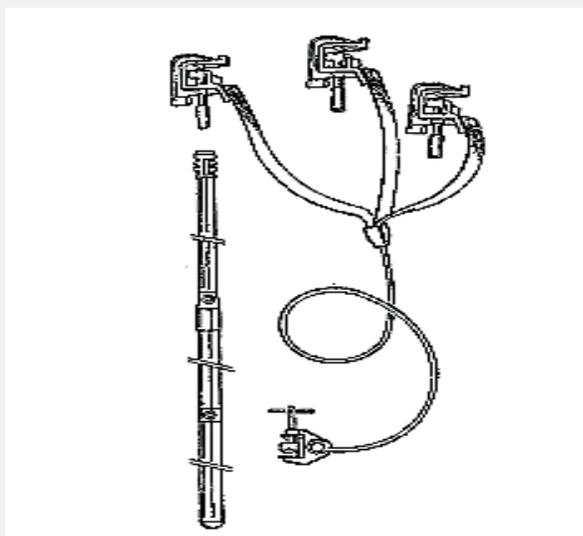


Figura 6.1.1 Equipamento de ligação a terra temporário Fonte: [JOSEPH H. FOLEY, MEXICO 1983]

6.1.2 Procedimentos de manobra de fecho

- 1-Desconectar o circuito de ligação a terra
- 2-Ligar o seccionador (Deve ser feito em menor tempo possível)
- 3-Ligar o interruptor no quadro geral de forma a restabelecer a alimentação das cargas.

NB:É importante que, todas essas manobras, sejam feitas com os equipamentos de segurança, e que seja um profissional com destreza em todas as actividades.

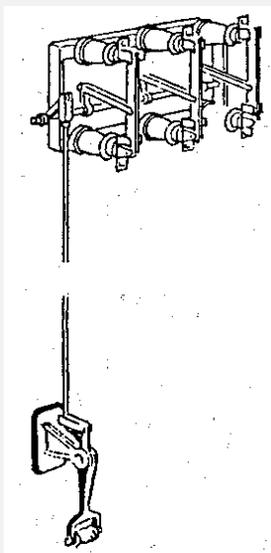


Figure 6.1.2 Seccionador com comando engrenado e efectuável mediante manivela Fonte: [Adaptado, António Bossi 2002]

Em um posto de transformação encontramos, interruptor-seccionador fusível ou os largamente chamados Drop-outs, esses dispositivos desempenham a função de isolamento e protecção contra curto-circuitos.

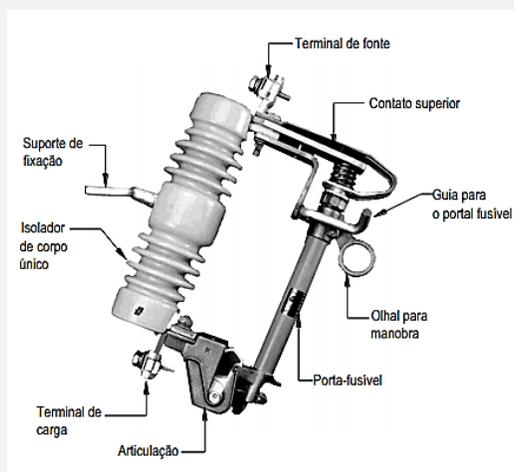


Figura 6.1.3 Drop-outs Fonte: [Mamede,2015]

O processo de manobra nos Drop-outs é o mesmo com o de seccionadores.

6.2 Procedimentos de manobra de Motores eléctrico de corrente contínua

Assim como a maioria dos equipamentos, estes motores também carecem de alguma sequência na sua manobra, com vista a, assegurar a integridade do mesmo.

Os motores CC de excitação separada devem ser operados na seguinte sequência

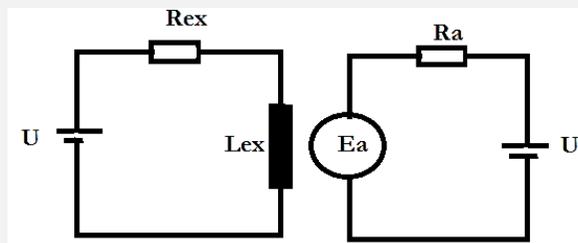


Figura 6.2 Representação de um Motor CC excitação separada Fonte: [Autor]

- ☞ Verificar o estado do alimentador
- ☞ Alimentar o excitador (Estator)
- ☞ Alimentar a armadura (Rotor), após um pequeno intervalo de tempo

O autor recomenda que se use um sistema de encravamento que não permite ligar o motor na sequência errada. O mesmo processo é seguido de forma contrária quando se pretende parar o motor.

Essa sequência já não é necessário para as outras formas de excitação (Paralela, série e mista).

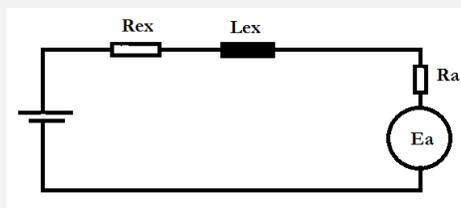


Figura 6.2.1 Representação de um Motor CC excitação série Fonte: [Autor]

O motor da figura 6.2.1 ele em sua manobra, devido a sua característica não é permitido que se dê arranque em vazio, sobre pena de um embalamento devido a elevadas velocidades.

O motor série tem mais particularidades referentes a sua inversão de marcha, não bastando apenas inverter alimentação do mesmo para mudar a sua marcha, requer do operador ter acesso aos terminais de estator e rotor para permutar a polaridade de um deles a fim de mudar a marcha do motor.

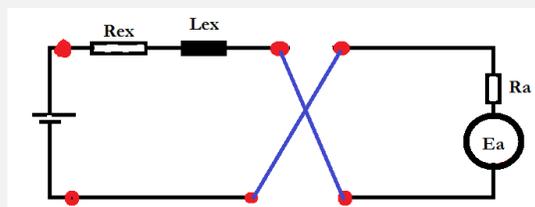


Figura 6.2.2 Mudança de marcha de um motor CC série Fonte: [Autor]

Tabela 6.2.3 Identificação de terminais de motores CC antigos Fonte: [Autor]

Enrolamentos	Normas		
	Alemã	Inglesa	Sueca
Induzido	A-B	A-AA	A1-A2
Indutor derivação	C-D	Z-ZZ	F1-F2
Indutor Série	E-F	Y-YY	S1-S2
Indutor independente	I-K	-----	-----

Tabela 6.2.4 Identificação de terminais no sistema internacional actual dos motores CC Fonte: [Autor]

Induzido	1B1-2B2
Indutor derivação	D1-D2
Independente	D1-D2
Indutor serie	F1-F2

6.3 Procedimentos de manobra de Transformador de Força

Transformador é um dispositivo destinado a transformar energia eléctrica ou potência eléctrica de um circuito ao outro, manipulando a magnitude de tensão, corrente e ou de modificar os valores das impedâncias eléctrica.

-  Transformador seco
-  Transformador a óleo

Os transformadores isolados a óleo podem ser do tipo com depósito de expansão (conservador) ou herméticos (sem conservador).

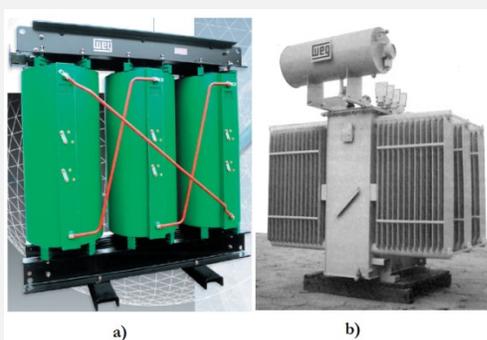


Figura 6.3 a) Transformador a seco b) Transformador a óleo Fonte: [Cortesia da WEG]



Figura 6.3.1 Transformador a óleo sem reservatório Fonte: [-----]

6.3.1 Energização do transformador seco

A energização do transformador deverá ser feita após a verificação dos itens relacionados a seguir:

- ☞ Conferir se as tensões informadas na placa de identificação estão de acordo com a situação real.
- ☞ Inspeccionar as conexões dos cabos ou barramentos.
- ☞ Inspeccionar a conexão do terra.
- ☞ Verificar a ligação dos equipamentos de protecção se esta devidamente correcta.
- ☞ Verificar as condições de higiene do mesmo.
- ☞ É recomendável fazer uma verificação da resistência do isolamento, fazendo medições entre os enrolamentos de alta e baixa tensão e dos enrolamentos contra a terra.

Feitas estas verificações, o transformador deve ser conectado ao sistema. A tensão deverá ser aplicada com o transformador à vazio e medida no secundário para verificar a correspondente saída. Operações em tensões acima da nominal podem causar a saturação e aumento significativo das perdas. Podendo resultar em superaquecimento e níveis de ruído acima do normalizado. A carga deve ser aplicada progressivamente até a potência nominal.

6.3.2 Energização do transformador a óleo

- ☞ Inspeccionar as conexões do transformador
- ☞ Inspeccionar todos os dispositivos de protecção e sinalização do transformador.
- ☞ É importante observar que o transformador deve ser energizado após decorridos, pelo menos, 24 horas de conclusão de enchimento com óleo.
- ☞ Ajustar e travar a posição do comutador manual conforme recomendado pela operação do sistema
- ☞ O transformador deve ser energizado inicialmente em vazio. Se o transformador for provido de comutador em carga deve ser accionado em todas as derivações.
- ☞ Recomenda-se efectuar análise cromatográfica do óleo isolante, antes da energização (referência), 24 h a 36 h após a energização e 10 dias e 30 dias após a energização para detecção de defeitos incipientes.

6.3.1 Identificação dos terminais dos transformadores

Estes estão patronizados segundo a tabela 6.3.1

Tabela 6 6.3.1 Terminais de um transformador Fonte: [Autor]

Designação	Representação
Lado de alta tensão	H0,H1,H2,H3
Lado de Baixa tensão	X0,X1,X2,X4

6.4 Energização de motores eléctricos de corrente alternada

A alimentação de motores de corrente alternada, tem variado técnicas porem há uma inconveniência em todos esses sistemas de arranque de motores.

- ✎ Caso a potência seja superior a 5CV, a sua operação na rede pública de baixa tensão deve ser do conhecimento da concessionária.
- ✎ A frequência do alimentador deve coincidir com a frequência do motor, a não ser que se use um variador de frequência.
- ✎ Deve ser criar condições de forma a minimizar corrente de arranque.

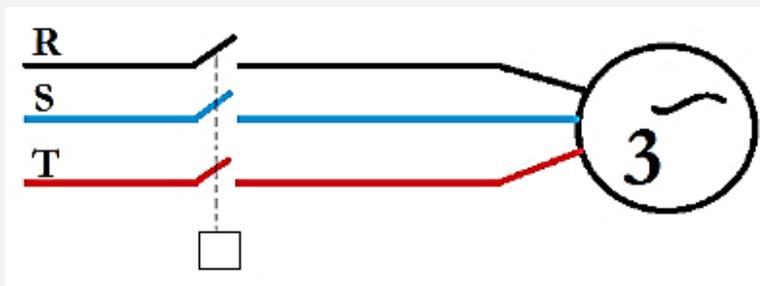


Figura 6.4 Representação de um motor Trifásico Fonte: [Autor]

A alimentação de motores de corrente alternada tem mais inconveniências tais como:

- ✎ **Os níveis de tensão de alimentação**
É preciso que se garanta uma oscilação da mesma abaixo de 5%, mais acima desta percentagem pode destruir o motor.
- ✎ **A frequência de alimentação**
Esta frequência não deve oscilar acima de 2,5%, acima desta taxa de variação afecta drasticamente o rendimento do motor.
- ✎ **Carga admissível**
Os limites de carga devem estar de acordo com as características do motor, caso essa carga seja excessiva afectará no tempo de arranque, assim como sobreaquecimento do mesmo durante o funcionamento.
- ✎ **Lubrificação**
Quando é precária provoca no motor, desgastes dos mancais.

6.4.1 Identificação dos terminais de um motor trifásico

Os terminais de um motor trifásico estão dispostos de forma a facilitar suas conexões para cada tipo de ligação.

- ✎ Ligando terminais entre si na vertical em qualquer motor trifásico terá ligação Triângulo

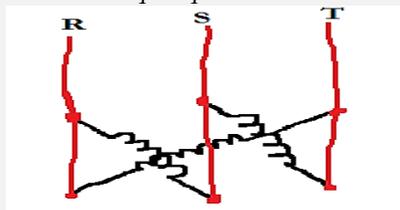


Figura 6.4.1 Ligação triângulo de um MIT Fonte: [Autor]

☞ Ligando os terminais entre si na horizontal de qualquer motor terá ligação Estrela.

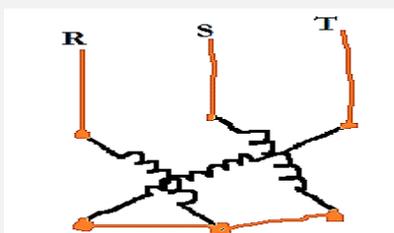


Figura 6.4.2 Ligação triângulo de um MIT Fonte: [Autor]

Pela caixa de bornos do motor temos:

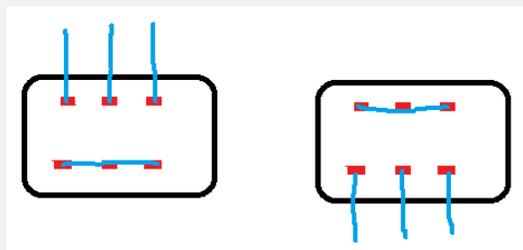


Figura 6.4.3 Ligação estrela Fonte: [Autor]

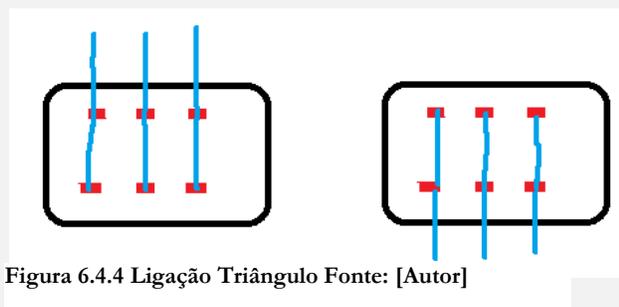


Figura 6.4.4 Ligação Triângulo Fonte: [Autor]

6.5 Identificação dos terminais do motor trifásico CA

Com ajuda da tabela abaixo, é possível compreender como identificar os terminais do rotor e do estator em um motor de indução trifásico.

Tabela 6.5 Terminais de um motor trifásico Fonte: [Autor]

Motor	Estator		Rotor	
Rotor em curto-circuito	U-X	1U-2U	---	
	V-Y	1V-2V	---	
	W-Z	1W-2W	--	
Rotor bobinado	U-X	1U-2U	U	K
	V-Y	1V-2V	V	L
	W-Z	1W-2W	W	M

7

Ferramentas de trabalho em electricidade

Um técnico na área de Electricidade necessita de um conjunto de ferramentas, que torne suas tarefas mais simples possíveis. A questão de adequação das ferramentas ao trabalho, é crucial para um bom trabalho. Quando um técnico tem um conjunto de ferramentas adequadas ao trabalho e um forte conhecimento tem já 60% de tarefa feita com sucesso, cabendo os restantes 40 % ao cuidado ou rigor na execução da mesma.

O conjunto de ferramentas pode ser classificado em duas:

- Ferramentas de Montagem ou de adaptação
- Ferramentas de Medição ou verificação

7.1 Ferramentas de Montagem ou de adaptação

É um conjunto de ferramentas que auxiliam o técnico na execução da sua tarefa, em que a tarefa exija um esforço físico.

Exemplo: Furar uma parede, Apertar um parafuso

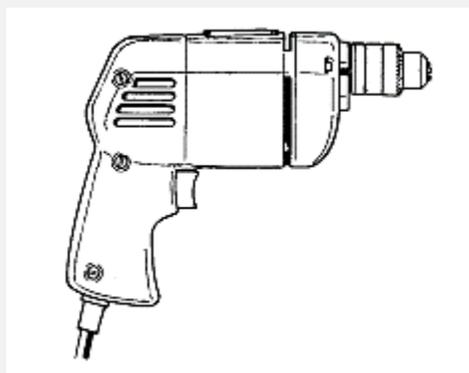


Figura 7.1 Berbequins

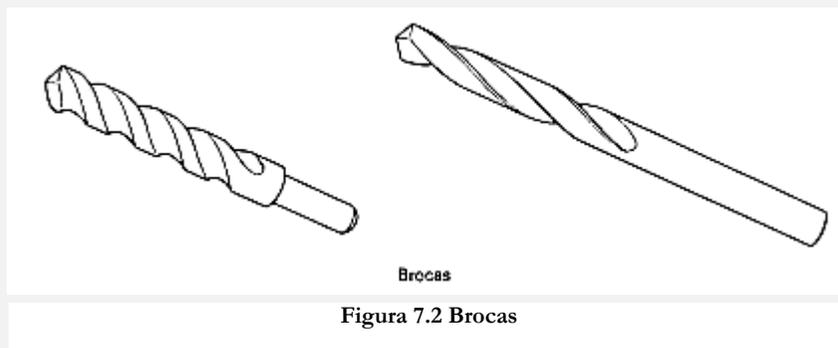


Figura 7.2 Brocas

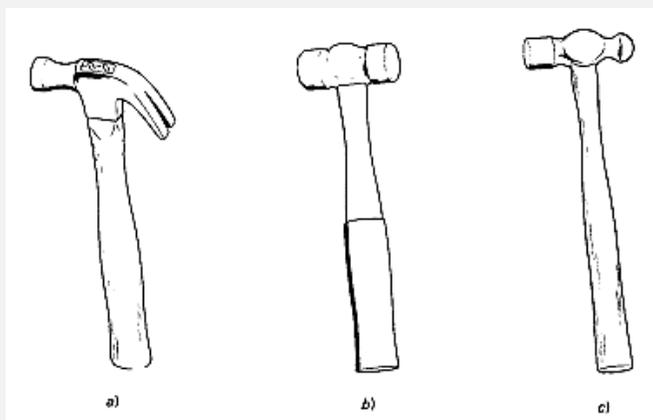


Figura 7.3 Martelos

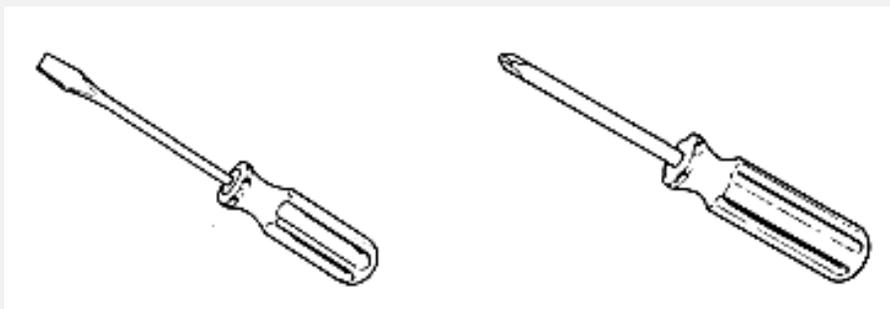


Figura 7.4 Chave de venda e chave estrela

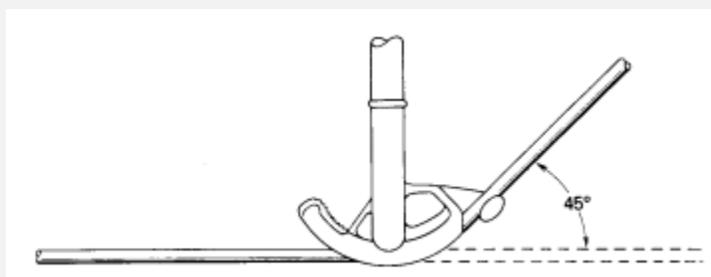


Figura 7.5 Dobrador

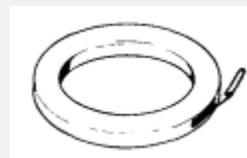


Figura 7.8 Guia

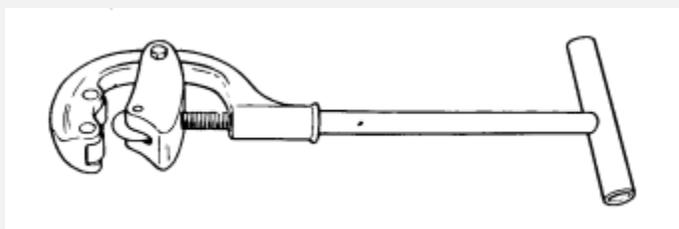


Figura 7.6 Cortador



Figura 7.7 Nível

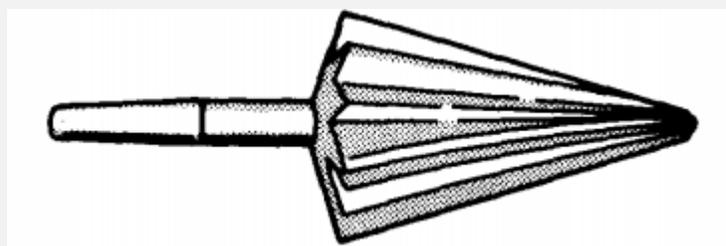


Figura 7.9.1. Escarnador

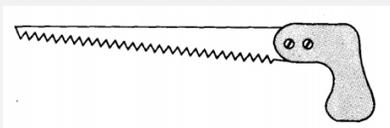


Figura 7.9 Serra de madeira

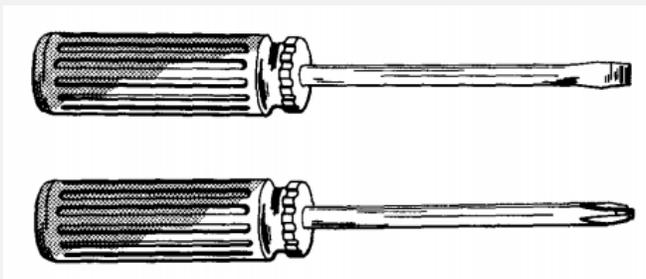


Figura 7.9.2 Chave de fenda e estrela

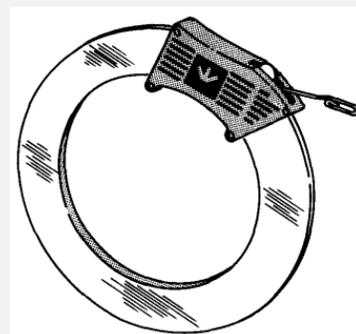


Figura 7.9.3 Guia



Figura 7.9.5 Pull Lift



Figura 7.9.4 Tirefor



Figura 7.9.6 Jogo de chaves de roquete



Figura 7.9.7 Torna

7.10 Ferramentas de Medição ou verificado

É um conjunto de ferramentas que auxiliam o técnico na execução da sua tarefa, em que a mesma tem por finalidade obter informações técnicas de avaliação de uma instalação.

Exemplo: Avaliar a continuidade de uma instalação.

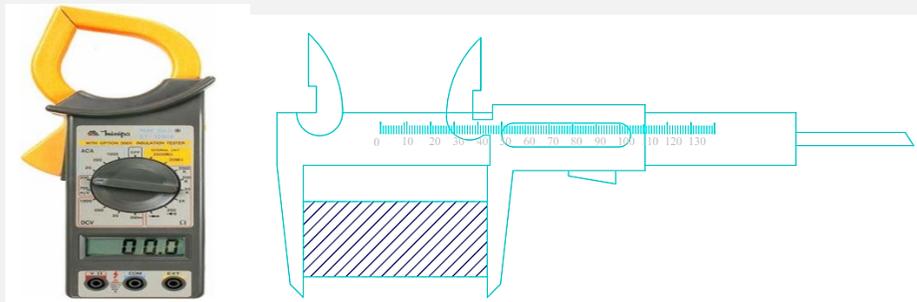


Figura 7.2 Multímetro digital ,Parquímetro ou Peclisse

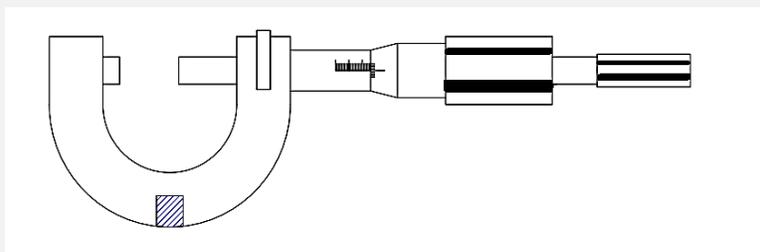


Figura 7.3 Micrómetro



Figura 7.5 Multímetro digital

Figure 7.4 Multímetro analógico



Figura 7.6 Hi-pot



Figura 7.7 Megger

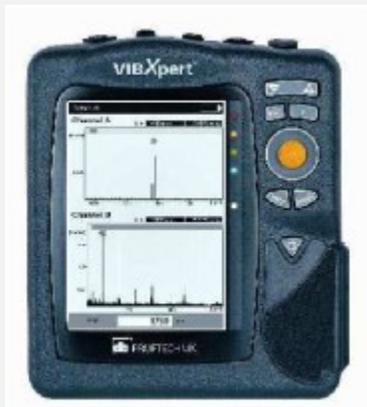


Figura 4.8 Analisador de Espectro



Figura 5.9 Vibrometro

8.1 Manutenção – É compreendida como qualquer actividade de controlo, preservação ou recuperação de um sistema, material ou equipamento eléctrico.

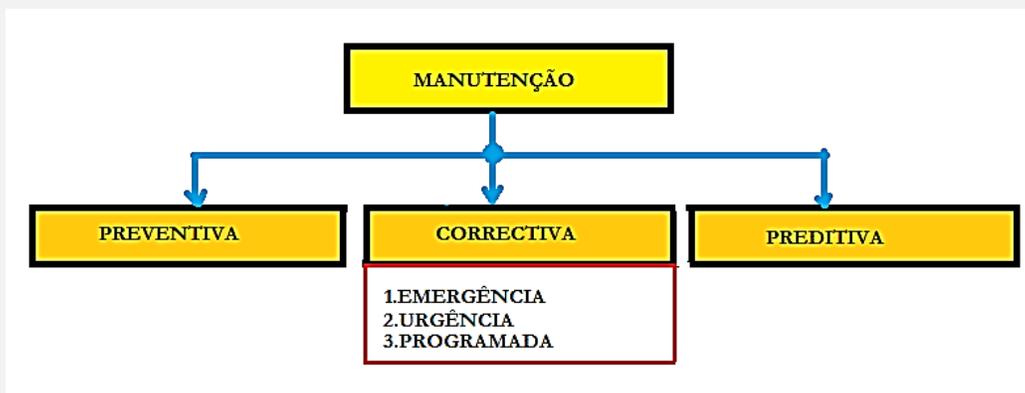


Figura 8.1 Tipos de manutenção Fonte: [Autor]

Preventiva- Nesta manutenção compreende um conjunto de técnicas aplicadas com vista a prevenir futuras avarias, feita com base a hum conjunto de informações dos sistemas a prevenir, como histórico de avarias.

Correctiva -Aplicada com o objectivo de corrigir uma falha ou estado de funcionamento não desejável de um equipamento ou sistema.

Preditiva -Com o objectivo de prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas faz um acompanhamento de parâmetros de operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível.

8.2 Substituição – é um acto de troca por um equivalente para desempenhar a função do avariado, aplicado quando não for possível reparar ou mesmo quando não é viável a reparação do um determinado equipamento ou sistema.

A manutenção surge como função de um organismo de produção no século XVI, e por volta de 1900 surge primeiras técnicas de panejamento de serviço pelos sábios Taylor e Fayol. A palavra Manutenção deriva do latim *Manus tenere* que significa *manter o que tem*. (VIANA,2002).



Figura 8.2 Alguns conceitos ligados a manutenção Fonte: [Autor]

Falha-Fim da capacidade de desempenhar sua actividade.

Defeito-Desvio das suas características.

Defeito crítico-Defeito que possa causar uma falha, ou criar condições perigosas.

Fiabilidade-capacidade de desempenhar uma função sobre condições específicas.

Para se proceder a uma manutenção a empresa deve ter em conta alguns aspectos tais como:

- ✎ Risco de trabalho
- ✎ Tempo de vida do equipamento
- ✎ Custo de materiais
- ✎ Custo de mão-de-obra (Prestação de serviço)
- ✎ Fornecedores de equipamentos

Para uma indústria além de considerar os aspectos acima devesse formar uma equipa de manutenção qualificada, com afectação específica.

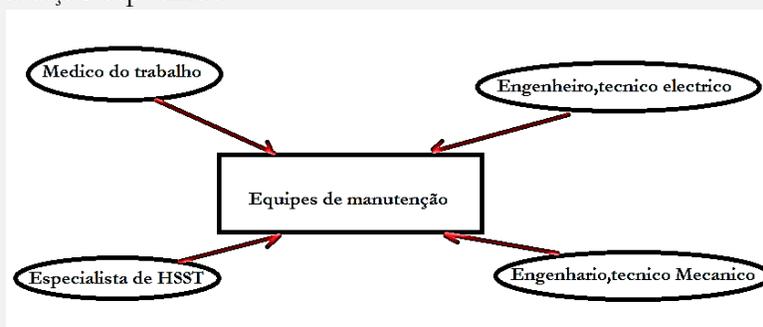


Figura 8.2.1 Mínimo de pessoal de manutenção Fonte: [Autor]

Em uma instalação para se proceder, com a manutenção é necessário algumas actividades preliminares as quais permitam a redução de esforços e a produção de solução breve e eficaz.

- ✎ Desligar
- ✎ Isolar
- ✎ Bloquear
- ✎ Testar
- ✎ Aterrizar
- ✎ Sinalizar



Figura 8.2.3 Profissional devidamente equipado Fonte: [_____]

8.3 Manutenção de motores eléctricos de corrente alternada

Compreende um conjunto de técnicas que visam a recuperar algumas características dos motores eléctricos, características estas perdidas por variados motivos.

Independentemente da qualidade da manutenção é impossível recuperar fielmente uma característica perdida, por mais próxima que for, em algum momento essa manutenção poderá influenciar na perda de outras características.

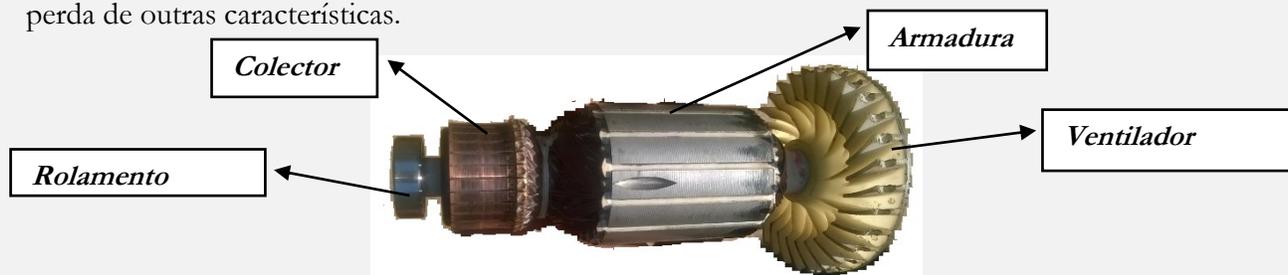


Figure 8.3 Rotor de um pequeno motor universal Fonte: [Autor]

Os motores de correntes alternadas, são os mais usados devido a sua robustez e baixo custo de aquisição (gaiola de esquilo) e manutenção.

🔔 As causas da avaria dos motores eléctricos podem ser derivadas da seguinte forma:

1.0 Causas externas

- ☞ Fusíveis
- ☞ Disjuntores
- ☞ Reles
- ☞ ...

2.0 Causas mecânicas

- ☞ Engrenagens
- ☞ Ventilação
- ☞ Juntas
- ☞ Desnível
- ☞ ...

3.0 Causas internas

- ☞ Bobinas
- ☞ Conexões
- ☞ Circuito magnético
- ☞



Antes de se proceder com a manutenção é sempre bom que se levante as prováveis causas da avaria do motor, pós isso poderá ajudar a identificar o tipo da avaria.

Um técnico em manutenção eléctrica, deve ter em seu conhecimento os sintomas mais comuns de uma avaria e a que se designa essas avarias, para além das avarias mais comuns. Pela tabela 8.3 pode-se ter uma ideia da frequência de ocorrências das avarias.

Tabela 8.3 Estatística das avarias dos motores de indução Fonte: [CATEC,2000]

Parte do motor	IEEE	ERPI
Mancais	44%	41%
Estatore	26%	36%
Rotor	8%	9%
Outras	22%	14%

O objectivo da manutenção é prolongar a vida útil das máquinas. Os motores monofásicos com condensador de arranque, uma das suas avarias mais frequentes é a danificação do condensador de arranque, a sua substituição com base na potência do motor pode-se usar a tabela abaixo.

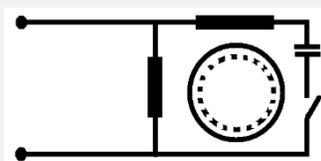


Figura 8.4 Motor monofásico com condensador de arranque Fonte: [Autor]

Tabela 8.4 Condensadores aplicados em motores monofásicos Fonte: [Adaptado. Vários]

Potência (HP)	1/8	1/6	1/4	1/3	1/2	3/4	1
Capacidade μF	80	100	135	175	250	350	400

O condensador de arranque para sua aviação de estado de funcionamento em função de dois aspectos:

- ☞ Condensador em curto-circuito
- ☞ Condensador aberto

8.3.1 Verificação do curto-circuito do condensador e circuito aberto.

O teste segundo a figura 8.4.1, poderá nos dar informações capazes de ditar se o condensador está aberto ou não. Se no teste da figura não surgirem as faíscas muito provavelmente o condensador está em circuito aberto.

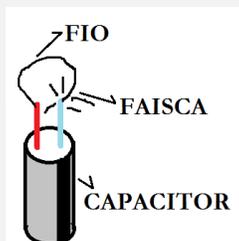


Figura 8.4.1 Teste de circuito aberto do Condensador Fonte: [Autor]

Com vista a verificar o curto-circuito segue o diagrama da figura 8.4.2 ,se a lâmpada acender muito provavelmente o condensador esta em curto-circuito interna.

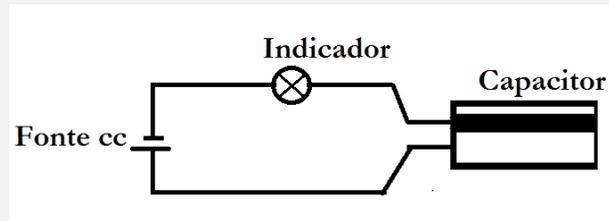


Figura 8.4.2 Teste de curto-circuito do Condensador Fonte: [Autor]

Este processo deve seguir uma sequência, do teste de circuito aberto e depois curto-circuito de forma a obter melhores resultados.

Com ajuda de um multímetro pode-se medir a capacidade, caso este valor não confira com o calculado (no mínimo 80% do valor calculado) pela expressão abaixo devera-se substituir o mesmo.

$C \cong \frac{2650 * Corrente}{Tensão} [\mu F]$ Quando não se tem nenhuma informação sobre o condensador anterior pode-se determinar o seu substituto pela expressão $C \cong \frac{2I_n * 10^6}{2 * \pi * f * U} [\mu F]$

Tabela 7.4.1.1 Capacidade por unidades de corrente Fonte: [Adaptado, Vários]

	110V a 60HZ	220 a 60Hz
Corrente (A)	0,4	0,8
Capacidade μF	10	10

Em alguns condensadores com uma zona de expansão, fácil é a avaliação do mesmo. Quando essa zona se expande significa que o condensador esta danificado.

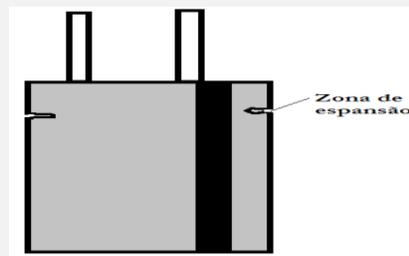


Figura 8.4.2.1 Condensador com zona de expansão Fonte: [Autor]

8.3.2 Ensaios efectuados em motores para determinação a avaria

Os ensaios aplicativos são classificados em 3 da seguinte forma

- ☞ **Ensaios de rotina** – Estes são aplicados durante a construção e após da fabricação do equipamento.
- ☞ **Ensaio Tipo** – Aplicados para conferir o projecto com o equipamento final.
- ☞ **Especiais** – Aplicados pelo fabricante e pelo utente não fazendo parte dos ensaios acima citados.

Ensaio são classificados em:

- ☞ Ensaio em curto-circuito
- ☞ Ensaio em circuito aberto.
- ☞ Ensaio em carga

Com o objectivo de prolongar a vida útil de um motor, deve-se verificar, a lubrificação, a vibração, o tempo de arranque, respeitar o limite de manobras. Com as tabelas abaixo pode-se ter uma noção desse controle.

Condições que afectam o tempo de arranque

- ☞ Desequilíbrio da rede alimentadora
- ☞ Lubrificação precária
- ☞ Característica da carga

Tabela 8.4.1 Número de partidas segundo o NEMA Fonte: [CATEC,2000]

Potência do motor (CV)	Arranques /hora	Tempo para o desligamento (s)
5	16	42
10	12	46
25	8	58
50	6	72
100	5	1000

A verificação da vibração pode ser feita por meio de um aparelho denominado vibrascanner, ou por um conjunto de acelerómetros, colocados em locais pré-definidos pelo fabricante, porém para um técnico com um ouvido bem treinado por anos e anos de experiência com ajuda de uma chave de fenda pode avaliar o estado do motor segundo a figura 8.4.3, ou mesmo com um simples toque.

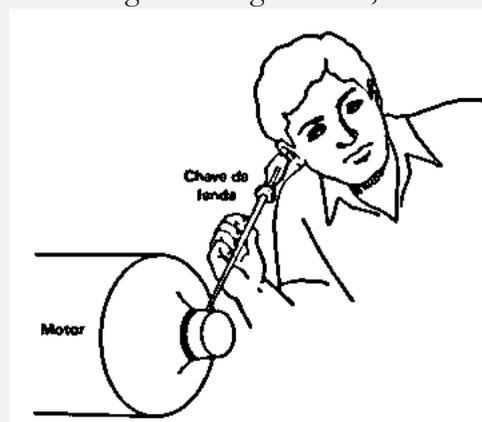


Figura 8.4.3 Teste da vibração Fonte: [ALMEIDA,Jason]



Os motores monofásicos, a seu arranque pode ser por meio de uma ficha ate potência de 1,5CV.

O aumento de 8-10° C da temperatura do motor reduz a vida útil a metade.

Tabela 8.4.2 Níveis de vibrações limites baseado na Norma ISO2372 Fonte: [Catalogo Weg]

Potência do motor KW	Vibração mm/s	
P < 15	Alarme	≥ 1,8
	Desligar	≥ 4,5
15 < P < 75	Alarme	2,8
	Desligar	7,1
P > 75 Montado sobre base rígido	Alarme	4,5
	Desligar	11,6
P > 75 Montado sobre base flexível	Alarme	7,2
	Desligar	18

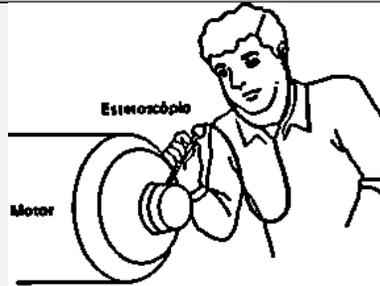


Figura 8.4.4 Teste da vibração Fonte: [ALMEIDA,Jason]

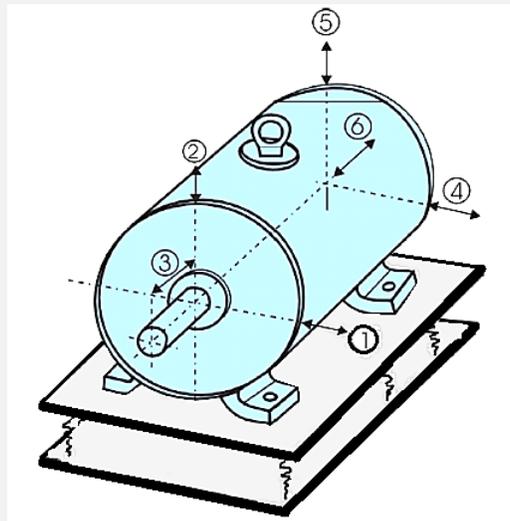


Figura 8.4.4.1. Pontos padronizados para medição da vibração Fonte:[Adaptado,CTC-WEG]

Dependendo da indústria específica, os custos de manutenção podem representar entre **15% a 30%** do custo dos bens produzidos.

Para um motor de rotor bobinado, existe uma forma de recuperá-lo quando a avaria encontra-se no rotor, cortando as partes visíveis do enrolamento nos ambos lados do rotor.

Nota: Esta técnica não é aplicável quando se requer alto nível técnico de manutenção, pois, ela reduz notavelmente o rendimento da máquina.

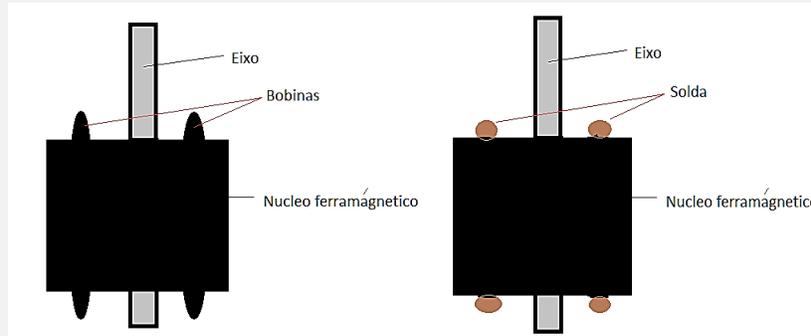


Figura 8.4.5 Rotor bobinado de um motor de corrente alternada (Esquerdo), Rotor bobinado transformado em gaiola (direito) Fonte: [Autor]

Para se fazer a manutenção de motor, deve-se seguir uma certa sequência do teste com vista a receber informações que visam a avaliar as condições do motor. Obviamente existe uma grande chance de ter que se abrir motor, recomenda-se, que após a abertura faça-se uma limpeza do mesmo e prosseguir-se com os testes e técnicas de reparação.

8.3.2.1 Como abrir um motor

- ☞ É importante que se desenergizar o próprio motor;
- ☞ Desprover o motor de qualquer conexão (desacoplar a carga);
- ☞ Afixar o motor sobre uma base bem firme;
- ☞ Desapertar e abrir os parafusos do lado da ventilação e do lado do veio

Em caso de firmeza dos parafusos aplique óleo de travão para desfrouxar caso não seja suficiente assuste os parafusos na direcção da abertura com ajuda de um escopro.

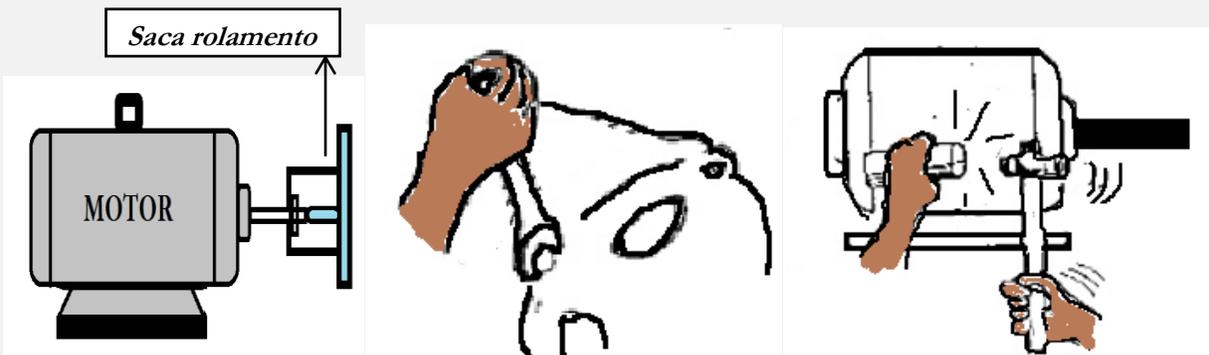


Figura 8.3.2.1 Abrindo as tampas do motor Fonte: [Autor]

Após aberto motor se um tubo de secção maior em relação ao veio e encaixe o veio e impere para o lado da ventilação de forma sair o rotor, é importante que nesse processo se coloque um objecto de suporte entre o rotor e o estator



Figura 8.3.2.1.1.1 Desmontagem não aconselhável Fonte:[Vitória – ES,2006]

8.3.2.2 Limpeza dos motores eléctricos

A limpeza de motores eléctricos, deve ser feito por meios de corpos não metálicos, não pontiagudas de forma a zelar pela integridade do verniz. Neste contexto emprega-se escova plástica, panos ou espoja.

▀ Substância usada na limpeza

- ☞ Gasolina
- ☞ Tetracloreto de carbono (é tóxico requer atenção)
- ☞ Querosene
- ☞ Ar comprimido
- ☞ Vapor de água (Com esta substância o motor devera passar por um processo de secagem Figura 8.3.3.2.2.1)
- ☞ Jacto de água apenas para motores especiais que não tenha restrição para tal.

No caso de poeiras estas podem ser removidas com recurso a um aspirador conforme a imagem 8.3.2.2

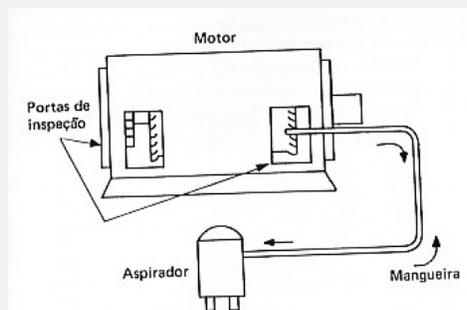


Figura 8.3.2.2 Retirada de poeira no motor Fonte:[ALMEIDA,Jason]

Um exemplo de motor possível de se fazer a sua limpeza com recurso a água é a linha Wwash da Weg.



Figura 8.3.2.2.1 Motor Wwash, Pintura das bobinas Fonte: [Catalogo Weg]

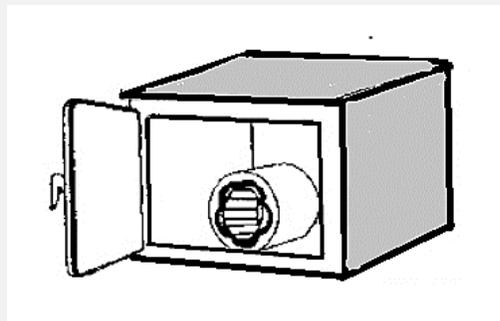


Figura 8.3.2.2.2 Técnica de secagem do estator Fonte:[Autor]

Métodos de localização de avarias e anomalias

- ☞ Localização de massa
- ☞ Curto-circuito
- ☞ Circuito aberto das bobinas
- ☞ Polaridade correcta
- ☞ Posição correcta
- ☞ Temperatura do motor
- ☞ Inspeção
- ☞ Isolamento
- ☞ Circuito magnético

a) Aquecimento do motor

A verificação deste pode ser por meio de uma imagem térmica, um termopar, termómetro digital, um toque ou aproximação da mão (Técnico experiente, muito impreciso para as máquinas actuais). Caso se tenha certeza do sobreaquecimento atentar-se aos factores tais como:

- ☞ Bloqueio da ventilação
- ☞ Temperatura do ambiente

- ☛ Variação da tensão de alimentação
- ☛ Sobrecarga
- ☛ Travamento do rotor
- ☛ Regime de trabalho

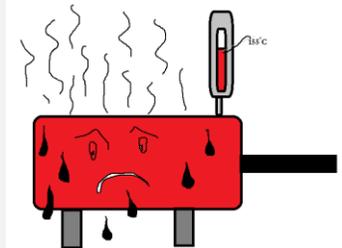


Figura 8.3.2.2.3 Motor sobre aquecido Fonte:[Autor]

b) Inspeção

Neste ponto faz-se a verificação de causadores de avarias externas, como os alimentadores, a protecção, comando até a fixação do próprio motor incluindo os sistemas de transmissão. Terminais bem apertados, a sequencia das fases a funcionalidade do esquema de força e comando.



Figura 8.3.2.2.4 Dando uma olhada no Motor Fonte:[Adaptado, Vitóri-ES ,2006]

c) Circuito aberto ou quebra das bobinas

Esta verificação é feita com motor desligado e desprovido de uma fonte alimentador. É possível fazer tal verificação pelo teste de continuidade das bobinas.

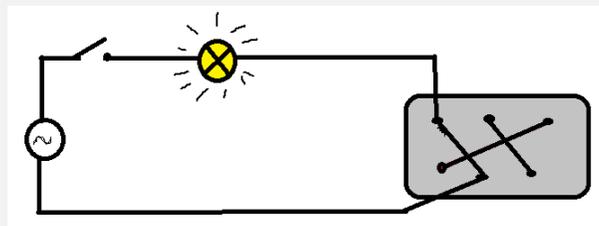


Figura 8.3.2.2.5 Teste de circuito aberto Fonte:[Autor]

d) Polaridade correcta

Este teste pode ser feito com ajuda de uma bússola, alimentando os enrolamentos um a um de forma sequenciada e acompanhado com a bússola no interior do estator. O ponteiro da bússola deveria variar de enrolamento para enrolamento, onde não variar o enrolamento está mal polarizado. Outra forma é alimentar o estator e por uma esfera no interior e esta deveria rodar, caso pare há uma polarização incorrecta.

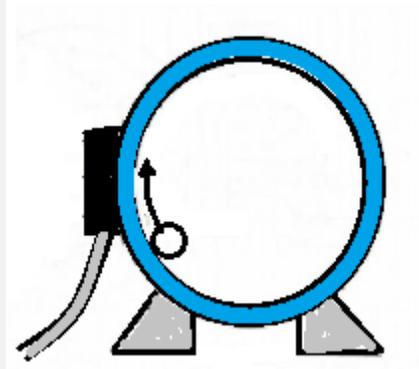


Figura 8.3.2.2.6 Teste da polaridade com a esfera Fonte:[Autor]

e) Isolamento

A resistência de isolamento é medida fazendo uso de um instrumento denominado de Megôhmetro, Megger. É possível efectuar sua medição com recurso a métodos indirectos, caso disponha-se de um Megger.

Em geral a resistência que o motor dever apresentar compreende um valor de:

$$\text{Resistência mínima} = \text{Tensão nominal do moto} + 1 \text{ [Mega ohm]}$$

- ☛ Resistência entre os enrolamentos do estator
- ☛ Resistência entre o enrolamento e a massa
- ☛ Resistência entre os enrolamentos do estator com o rotor
- ☛ Resistência entre os enrolamentos do rotor

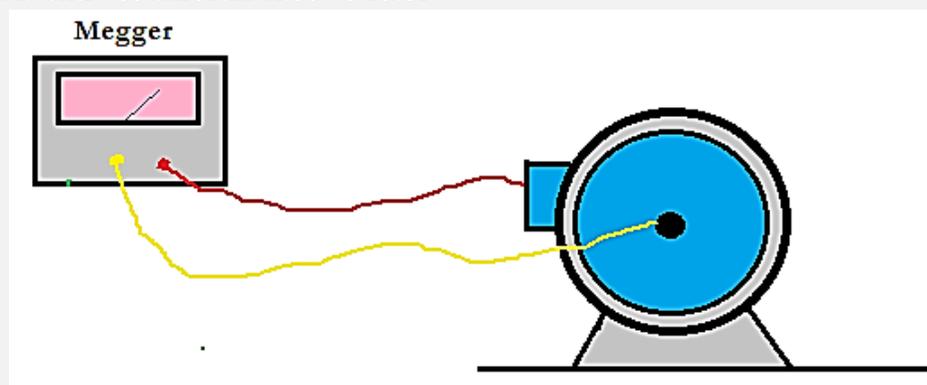


Figura 8.3.2.2.7 Medição da resistência de isolamento entre enrolamentos e veio Fonte:[Autor]

Tabela 8.4.3 Observação da resistência de isolamento Fonte:[DT-4 Motores eléctricos WEG]

Resistência de isolamento $M\Omega$	Avaliação do isolamento
Até 2	Perigoso
2 a 50	Ruim
50 a 100	Insatisfatório
100 a 500	Bom
500 a 1000	Muito Bom
Acima de 1000	Excelente

f) Desequilíbrio de correntes

Esta é uma verificação feita com o motor em marcha, que permite identificar o enrolamento com curto-circuito sendo este o que apresenta uma bem acentuada em relação aos demais enrolamentos.

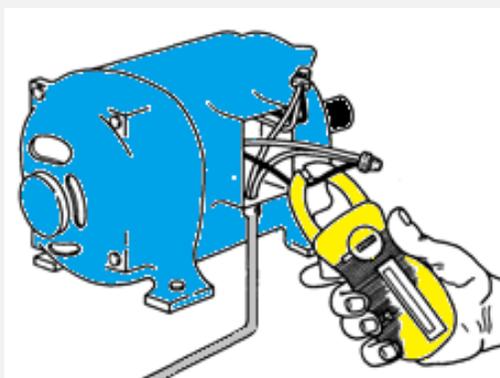


Figura 8.3.2.2.8 Verificação das correntes de cada fase com ajuda de um alicate amperimétrica Fonte:[Adaptado, Vitória-ES]

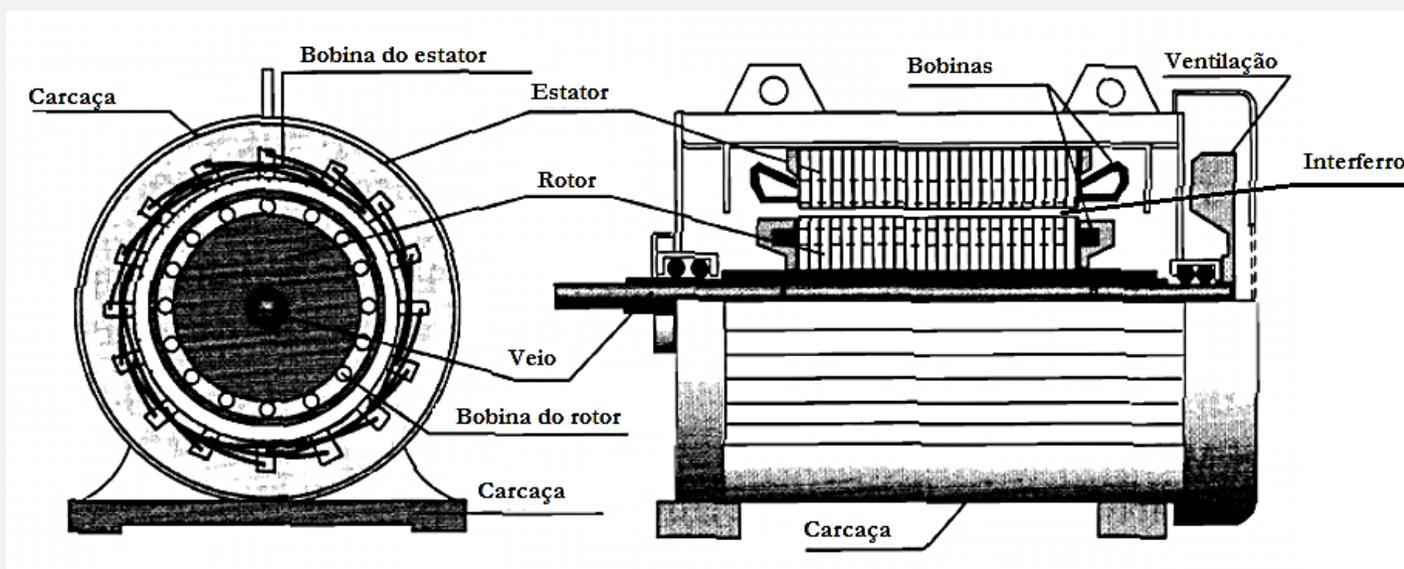


Figura 8.3.2.2.9 Visão geral de um motor CA de rotor bobinado Fonte:[Adaptado, ITS-Paraninfo ,Reparacion y bobinado de motores eléctricos]

8.4 Rebobinagem

A rebobinagem é efectuada em motores, cuja os seus enrolamentos estão danificado, porem antes de proceder devera-se colocadas nos enrolamentos há um conjunto de informações a serem colhidas, as quais são:

- a) Número de ranhuras;
- b) Tipo de enrolamento (imbricado, concêntrico);
- c) Número de bobinas por grupo;
- d) Número de grupos por fase;
- e) Ligação entre grupos de bobinas;
- f) Passo de bobina;
- g) Passo Polar;
- h) Passo de Fase;
- i) Esquema de ligação (número de terminais).

Não bastando essas informações ,após a retirada dos enrolamentos danificados devera-se verificar a condição do estator e o rotor se podem receber outros enrolamentos ou não.

- ☛ Test-Loop
- ☛ Zumbidor

O Loop-Test é efectuado com a finalidade de se verificar o estado do núcleo magnético do estator, do motor a ser rebobinado. Esta técnica, a sua avaliação é efectuada pela leitura da tempera da carcaça após aplicar uma tensão em uma espira enrolada no motor conforme apresentado na figura 8.4.Os pontos mais quentes muito provavelmente estão em curto-circuito ,dai que nesses casos o estator é invalidado de receber novas bobinas.

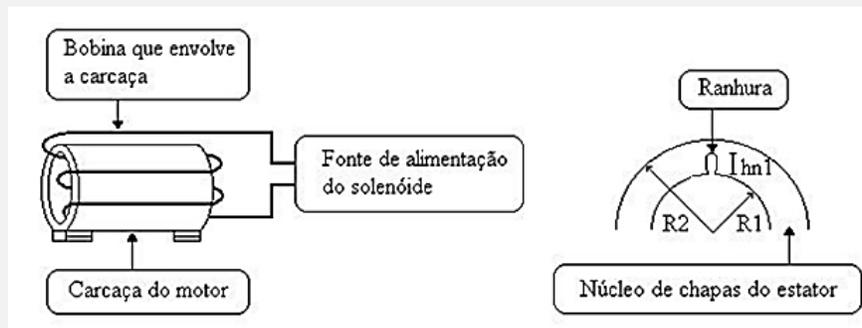


Figura 8.4 Test-Loop Fonte:[DT-4 Motores eléctricos WEG]

Algumas vezes, esses motores que precisam da rebobinagem já não apresentam sua chapa característica, o que dificulta as informações sobre o tamanho da secção do condutor ,o numero de voltas. Nesses caso aplica-se as seguintes técnicas

- ☛ Medir o tamanho da secção com ajuda de um micrómetro ou disco de secções
- ☛ Contar as voltas ao desmanchar a bobina ou medir o comprimento do condutor após desmanchar .

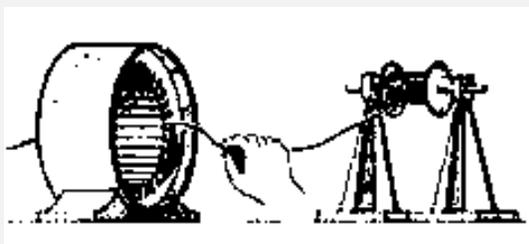


Figura 8.4.1 Retirando as bobinas do motor Fonte:[Robertt,1983]



Figura 8.4.2 Medindo secção do condutor com micrômetro ou disco de secções Fonte:[vitória-ES]

Técnicas de ligação de um motor trifásico em uma rede monofásica

É um técnico possível de ser aplicadas com ajuda de um condensador, que deverá ser bem dimensionado, pois isso afectará o desempenho do motor. Não importando a potência do motor ou as suas características essa ligação reduzira a sua potência a 70% da potência em rede trifásica, assim como o seu binário cairá de forma significativa.

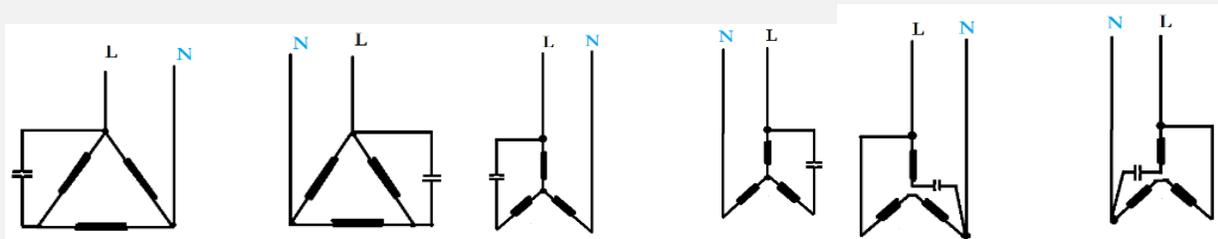


Figura 8.4.3 Ligação em triângulo, ligação em estrela, ligação em círculo Fonte:[Autor]

Com base na tabela abaixo, poderás determinar a capacidade do condensador aplicar em função da potencia do motor.

Tabela 8.4 Capacidade por potencia Fonte:[Adaptado, vários]

Frequência de 50Hz	Tensão em V	380	230	220	127/125
	Capacidade por Kw	20 μF	40 μF	70 μF	200 μF
	Capacidade por Hp	-----	30 μF	----	---

ANOMALIA	CAUSAS PROVÁVEIS	PROVIDÊNCIAS
- Motor não arranca em vazio.	<ul style="list-style-type: none"> - Circuito de amadurecimento interrompido. - Bobinas comutação ou amadurecimento em curto. - Sistema de acionamento defeituoso. - Porta-escovas fora de zona neutra. - Circuito de campo interrompido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Examinar condutores de entrada e bornes. - Identificar o curto-circuito e recuperar. - Verificar se há interrupção ou defeito no sistema de acionamento. - Ajustar a zona neutra. - Eliminar a interrupção.
- Motor arranca aos solavancos.	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de acionamento defeituoso. - Curto entre espiras na amadurecimento. - Curto entre lâminas do comutador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sanar o defeito. - Recondicionar a amadurecimento. - Examinar o comutador e eliminar o curto-circuito.
- Motor não aceita carga.	<ul style="list-style-type: none"> - Curto entre espiras na amadurecimento. - Queda de tensão. - Escovas deslocadas da zona neutra. - Sistema de acionamento mau ajustado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recondicionar a amadurecimento. - Verificar a demanda da rede. - Reajustar a posição das escovas na zona neutra tal como indicado na marcação. - Ajustar limite de corrente do acionamento.
- Motor roda demasiadamente acelerado e oscila quando enfrenta carga.	<ul style="list-style-type: none"> - Escovas deslocadas da zona neutra. - Circuito de campo interrompido ou reostato de campo com resistência excessiva. - Enrolamento em série, auxiliar, ligado errado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reajustar a posição das escovas, obedecendo a marcação. - Sanar a interrupção. Ajustar a resistência corretamente. - Verificar a ligação e corrigi-la.
- Aquecimento anormal em serviço.	<ul style="list-style-type: none"> - Sobrecarga. - Volume de ar refrigerante não é suficiente. - Curto-circuito nos enrolamentos de armadura e campo. - Tampa de inspeção do lado do ventilador aberta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Testar tensão e corrente. Eliminar a sobrecarga. - Verificar o sentido de rotação da ventilação. Limpar dutos de ar e/ou filtros. Substituir os filtros se necessário. - Verificar os enrolamentos e os pontos de solda. Reparar as bobinas. - Fechá-la.
- Aquecimento anormal dos rolamentos	<ul style="list-style-type: none"> - Excesso de graxa. - Graxa em mau estado ou incorreta. - Rolamento em mau estado. - Velocidade ou carga excessiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Retirar o excesso. - Relubrificar com graxa correta. - Substituir rolamento. - Diminuir velocidade ou retirar carga excessiva.
- Falscamento nas escovas quando o motor enfrenta carga	<ul style="list-style-type: none"> - Comutador ovalizado. - Superfície do comutador muito suja. - Formação de estrias sobre superfície do comutador. - Isolação entre lâminas saliente (mica). - Pressão nas escovas insuficiente. - Mal contato entre o terminal da escova e porta-escova. - Escovas desgastadas. - Tipo de escovas inadequadas. - Arestas da escova quebrada. - Escovas mal assentadas. - Escovas presas nos alojamentos. - Escovas fora da zona neutra. - Curto-circuito entre lâminas do comutador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Usinar, rebaixar a mica e quebrar os cantos das lamelas. - Limpar o comutador. - Adequar as escovas em função da carga. - Rebaixar a mica e quebrar os cantos das lamelas. - Verificar, caso necessário, consultar a fábrica. - Substituir por outra de mesmo tipo. - Verificar que sejam usadas apenas escovas do tipo especificado em função da carga. - Substituir escovas. - Lixar a escova e amoldá-la inteiramente à curvatura do comutador. - Verificar a tolerância dimensional das escovas. - Ajustá-las obedecendo a marcação. - Identificar o curto-circuito e eliminá-lo.
- Falscamento em todas as escovas um ou outro braço do porta-escovas	<ul style="list-style-type: none"> - Erro na distribuição das escovas. Distribuição desigual da corrente. Contato deficientes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar a quadratura dos porta-escovas. - Verificar uniformidade do entreferro dos pólos de comutação. - Reapertar os parafusos.
- Projeção de falscas	<ul style="list-style-type: none"> - Partículas de impurezas se desprendem das escovas ou lâminas e se inflamam. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limpar o comutador e todos os porta-escovas. Se necessário, adequar o tipo das escovas, em função da carga.
- Falscamento das escovas quando aumenta carga	<ul style="list-style-type: none"> - Sobrecarga. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustar os valores de sobrecarga admissíveis.
- Falscamento das escovas quando a rotação aumenta demasiadamente	<ul style="list-style-type: none"> - Rotação excessiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustar corretamente a velocidade de rotação.
- Enegrecimento de determinadas lâminas		<ul style="list-style-type: none"> - Consultar a fábrica.

Figura 8.4.4 Resumo de reparação de motores Fonte:[DT-7 WEG]

8.5 Manutenção de motores eléctricos de corrente contínua

As manutenções desses motores são iguais em técnicas de testes, inspecção e algumas formas de correcção de avarias.

São partes de localização de avarias as seguintes técnicas:

- ▣ Localização de curto-circuito
- ▣ Localização de circuito aberto
- ▣ Polaridade correcta
- ▣ Pressão das escovas
- ▣ Posição da escovas
- ▣ Circuito magnético

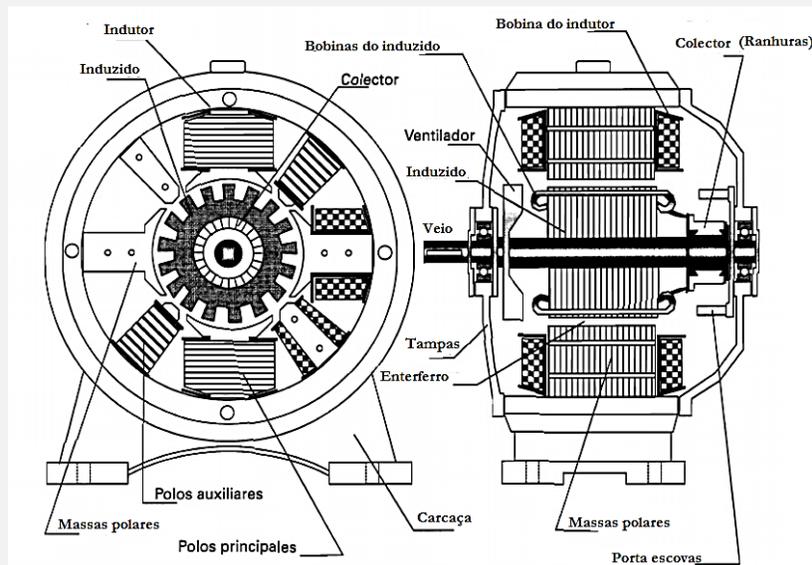


Figura 8.5 Visão geral de um motor de corrente contínua Fonte:[Adaptado, ITS-Paraninfo ,Reparacion y bobinado de motores eléctricos]

a) Curto-circuito no indutor

O curto-circuito no indutor pode ser verificado com ajuda de um ohmímetro, medido a resistência ou com um testador de continuidade que é submetido entre as espiras do induzido conforme é apresentado na figura 8.5.1

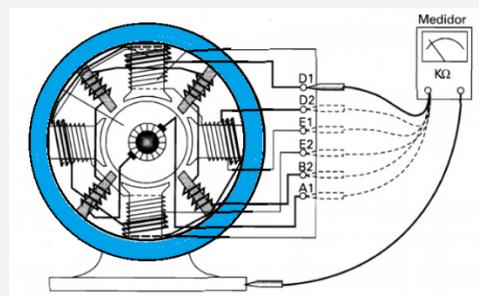


Figura 8.5.1 Testando curto-circuito no induzido Fonte:[Adaptado, ITS-Paraninfo ,Reparacion y bobinado de motores eléctricos]

b) Curto-circuito no induzido

Assim como é testado no indutor, o induzido é submetido aos mesmos testes.

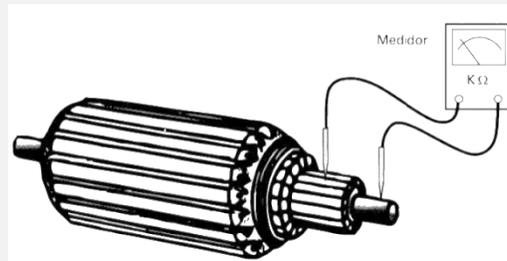


Figura 8.5.2 Verificação do curto-circuito no induzido Fonte:[ITS-Paraninfo ,Reparacion y bobinado de motores eléctricos]

c) Circuito aberto no induzido

Este teste é efectuado com ajuda de um besouro e um condutor, como a figura 8.5.3 mostra o elemento avaliador é a ausência das fálidas.

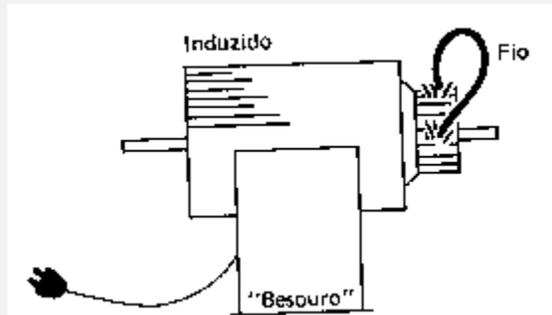


Figura 8.5.3 Teste de circuito aberto no induzido Fonte:[ALMEIDA,Jason]

d) Teste de circuito magnético

A verificação do estado do circuito magnético é feito alimentando o motor e no seu interior coloca-se um prego caso esse prego fique fixo como ilustra a figura este circuito esta em boas condições.

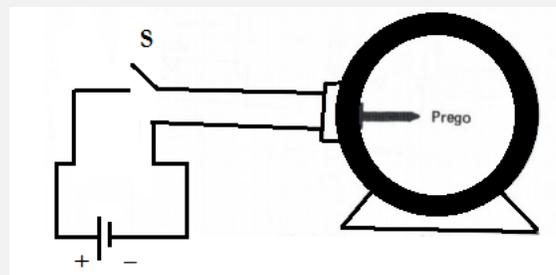


Figura 8.5.4 Teste do circuito magnético Fonte:[Autor]

e) Polaridade

A polaridade é verificada alimentando o motor e com ajuda de uma busola, que passada por fora da armadura devera oscilar de polo para polo caso esteja bem polarizado.

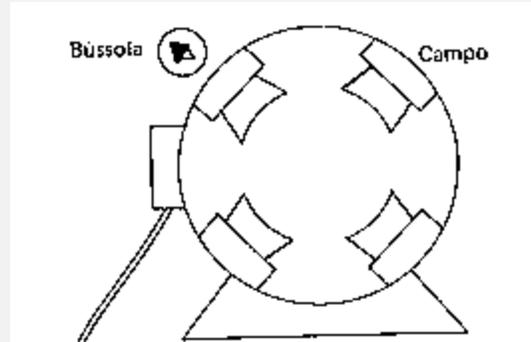


Figura 8.5.5 Teste de polaridade Fonte:[ALMEIDA,Jason]

f) Partes a inspecionar no rotor

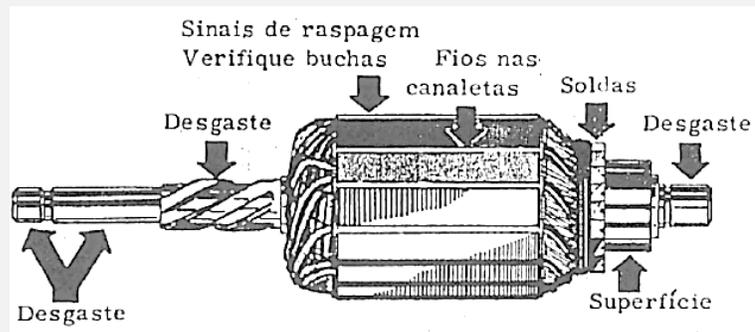


Figura 8.5.6 Inspeção da armadura Fonte:[Vitória-ES]

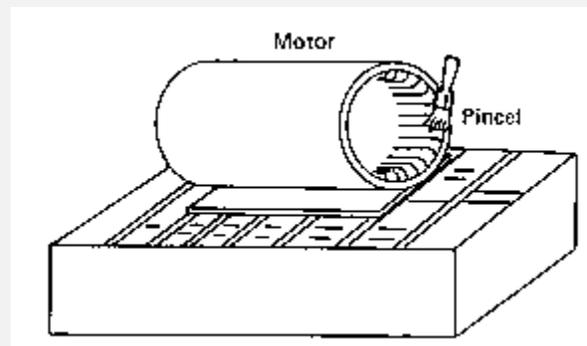


Figure 8.5.7 Recuperação do isolamento Fonte: [ALMEIDA,Jason]

8.6 Manutenção de instalações eléctricas

Uma instalação eléctrica em media tem período de vida útil ,que dependendo da qualidade dos materiais usados e a eficiência da montagem pode variar entre 10 a 20 anos, sem apresentar uma anomalia de construção crítica. Recomenda-se que o correcto funcionamento das instalações eléctricas seja avaliado num período máximo de 1 a 2 anos, dependendo do tipo de instalação e de equipamento.

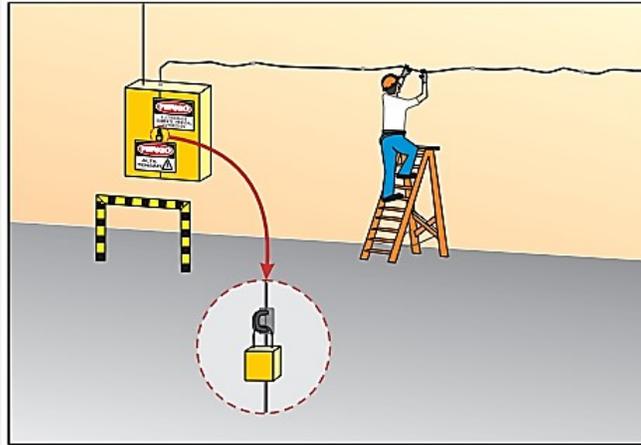


Figura 8.6 Isolamento da instalação em manutenção Fonte: [NBR10,Brasil]

A quando da montagem de uma instalação eléctrica, deve constantemente fazer se uma inspecção visual e outras formas de inspecção, de forma que seja instalação de qualidade de funcionamento.

Inspeção visual de uma instalação eléctrica

A observação de uma instalação eléctrica, com vista a comprovar que as condições em que foi realizada foram correctas.

A verificação de uma instalação eléctrica por inspecção visual deve anteceder a realização dos ensaios e, em regra, deve ser feita com toda a instalação previamente sem tensão.

Os objectivos da inspecção visual são os de verificar:

- ☞ Protecção contra choques eléctricos (contactos directos e indirectos):
- ☞ Os condutores de acordo com as suas correntes admissíveis e com a queda de tensão;
- ☞ Vigilância;
- ☞ A selecção dos equipamentos
- ☞ A identificação dos condutores de fase, de neutro e dos condutores de protecção;
- ☞ As ligações dos condutores.

Ensaios em instalações eléctricas

Realização de medições numa instalação eléctrica por meio de aparelhos apropriados, através das quais se comprova a eficácia dessa instalação. A verificação por meio de ensaios deve incluir, quando aplicáveis, pelo menos, os seguintes ensaios, os quais devem ser realizados, preferencialmente, pela ordem indicada:

- ☞ Continuidade dos condutores
- ☞ Resistência de isolamento da instalação eléctrica;
- ☞ Verificação da separação dos circuitos;
- ☞ Corte automático da alimentação;
- ☞ Verificação da polaridade;
- ☞ Verificação dos apertos de condutores e cabos.
- ☞ Verificação do estado de limpeza.
- ☞ Verificação das ligações à terra
- ☞ Medição da resistência de terra
- ☞ Verificação e lubrificação de *dobradiças, fechaduras e fechos das portas* de acesso aos *quadros eléctricos* e às *diversas partes da instalação*.
- ☞ Verificação do funcionamento dos sistemas de comando e controlo.
- ☞ Medição da resistência de isolamento e rigidez dieléctrica dos quadros eléctricos.

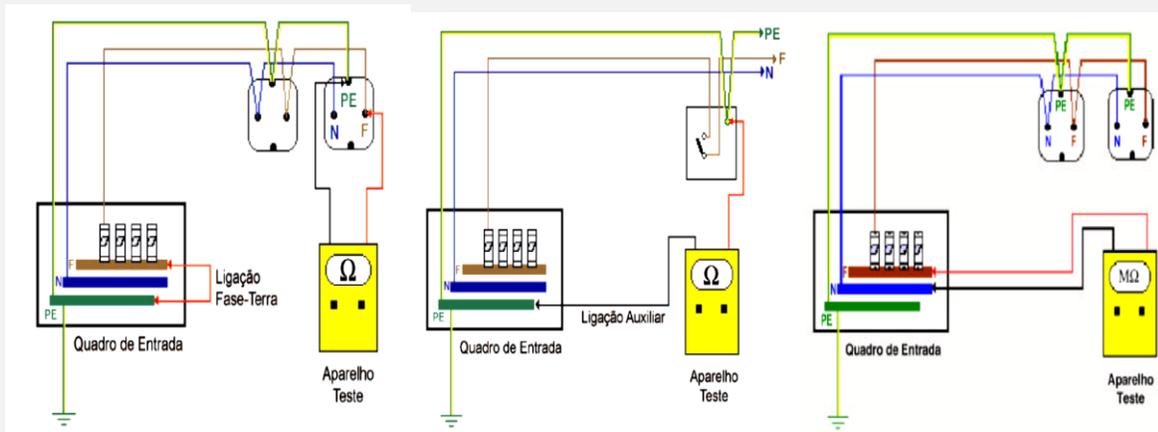


Figura 8.6.1 Formas de verificação da resistência de isolamento Fonte:[<http://www.prof2000.pt/users/lpa>]

Antes de realizar os ensaios de isolamento devemos verificar se:

- ✓ A instalação está desligada da alimentação;
- ✓ As lâmpadas foram retiradas e todo o equipamento está desligado;
- ✓ Os fusíveis estão nos seus lugares e os disjuntores ligados;
- ✓ Os interruptores do circuito final estão ligados.

Tabela 8.6 Resistência de isolamento mínima Fonte:[<http://www.prof2000.pt/users/lpa>]

Tensão do circuito	Tensão de ensaio em CC	Resistência de isolamento em MΩ
TRS e TRP	250	$\geq 0,25$
$\geq 500V$	500	$\geq 0,5$
$> 500V$	1000	≥ 1

A medição da resistência de isolamento deve ser efectuada para uma instalação monofásica entre a fase e o neutro.

TRS - Tensão Reduzida de Segurança **TRP** - Tensão Reduzida de Protecção

Em condutores de protecção a resistência de isolamento deve ser medida aplicando uma tensão de corrente continua de 12V a 5A. Para todas medições da resistência de isolamento na instalação deve ser ao máximo numa extensão de 100 metros por circuito, caso haja um troço além dos 100 metros, criar condições de fracciona-lo.

Rigidez eléctrica

Esta dever verificada aplicando uma tensão $2U_{nominal} + 1000$ por um período de 1 minuto.

Corte automático

São verificadas as condições de corte automático em caso de anomalias e o seu poder de corte.

Ensaio da polaridade

Quando não for permitida a instalação de dispositivos de corte unipolar no condutor de neutro, deve ser realizado um ensaio de polaridade, com vista a verificar que esses dispositivos estão apenas instalados nos condutores de fase.

Ensaio funcionais

Os conjuntos de equipamentos, tais como os conjuntos de aparelhagem, os motores e os seus auxiliares, os comandos, os encravamentos, etc., devem ser submetidos a um ensaio funcional, com vista a verificar que estão correctamente montados, regulados e instalados nas condições indicadas nas Regras Técnicas. Os dispositivos de protecção devem ser submetidos, se necessário, a ensaios funcionais, com vista a verificar que estão correctamente instalados e regulados.

9

Técnicas de montagem de uma instalação eléctrica

A montagem de uma instalação eléctricas compreende um conjunto de técnicas, medidas na qual visa a garantir segurança de execução, eficiência e confiabilidade da instalação.

Uma boa execução da instalação deve ter um plano de actividade, pós assim permitira ter um controlo, recurso de avaliação da mesma actividade.

No plano de actividade deve conter toda descrição de actividade, duração, período, encargos, equipamentos a usar, material a ser empregue, custo da mesma.

Tabela 9.1 Exemplo de mini plano de actividade Fonte: [Autor]

Técnico	Local de actividade	Actividade	Material	Período/Período
Técnico Carlos	Laje	Montar pontos de luz (Caixas de derivação).	Caixas de derivação, Bucis, tubos rígidos circular	Janeiro/De dia 1 a 7
Engenheiro Onório	Laje	Inspeccionar a montagem das caixas de derivação	-----	Janeiro/De dia 1 a 7
Pedreiro João	Laje	Garantir a integridade das caixas e tubos	-----	Janeiro/De dia 1 a 7

9.1 Execução de instalações eléctricas externa

Essas instalações devem ser feitas com recurso a materiais de suportes, que são aplicados consoante a exigência do projecto.

Partes importantes de uma instalação eléctrica de baixa tensão

- ☞ Entrada de energia
- ☞ Contador de energia
- ☞ Quadro geral de distribuição e quadros parciais (se existirem)
- ☞ Portinhola
- Circuitos de alimentação e de utilização

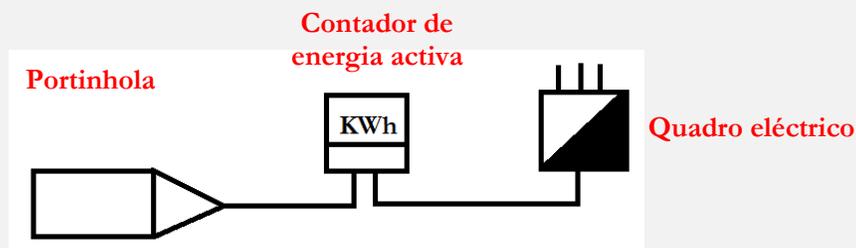


Figura 9.1 Entrada de energia Fonte: [Autor]

- ☞ A execução do projecto deve se ter em conta os aparelhos a utilizar, é preciso que os aparelhos são específicos para a dada aplicação.

Tabela 9.2 Aparelhos de uso residencial Fonte: [Autor]

Aparelho	Corrente nominal
Interruptores	6,10,15,20,25,30
Tomadas	6,10,15,20
Fichas	6,10,15,20

O quadro de distribuição como um nível mínimo eficaz de segurança deve ser composto segundo o diagrama da figura 9.3.

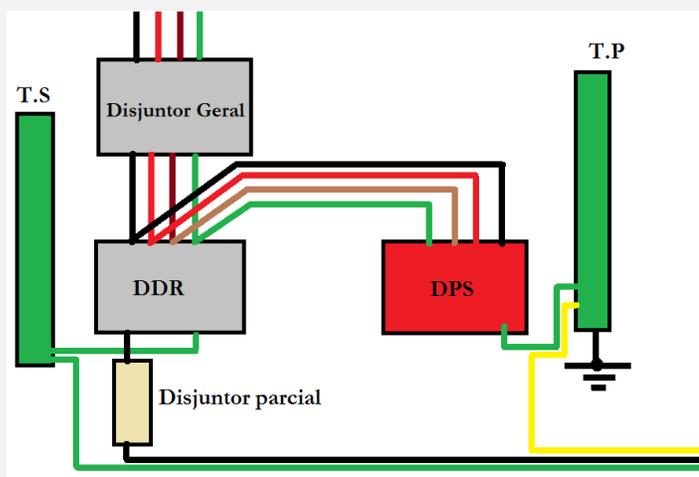


Figura 9.2 Quadro geral de uma instalação eléctrica Fonte: [Autor]

A distância dos DPS e o barramento deve ser inferior ou igual a 0,5 metros.

A protecção geral na entrada devera ser por meio de fusíveis, conforme a figura abaixo.

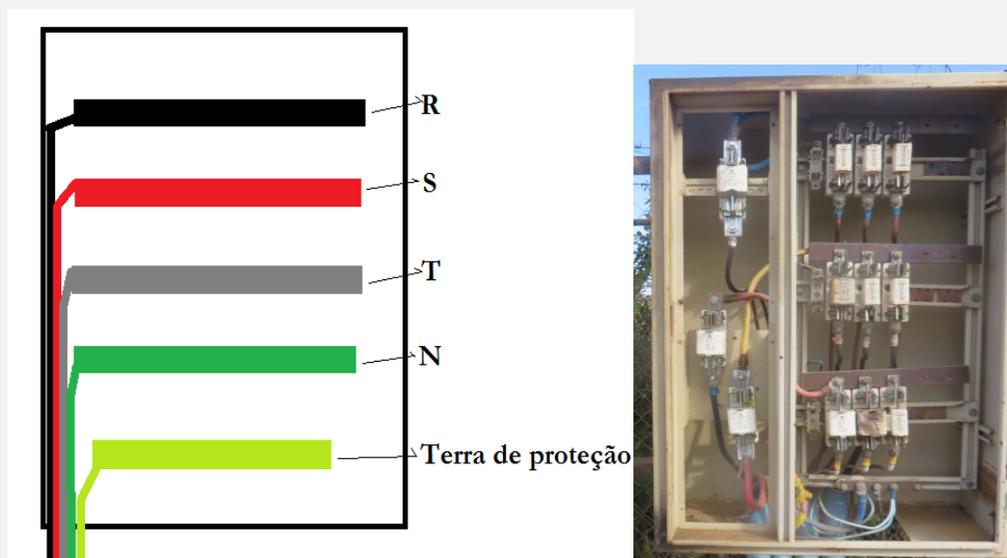


Figura 9.3 Ligação de quadro Fonte: [Autor]

As cores a usar devem ser seguindo tabela abaixo.

Tabela 9.3 Cores aplicados aos condutores (RTIEBT) Fonte: [Autor]

Condutor	Cores
Fase	Preto, Castanho, Cinzento
Neutro	Azul
Protecção	Verde/amarelo,

Ainda no quadro com vista a atender o crescimento de carga, deve-se ter um número de circuitos reservas para fácil agregação dessas cargas. Pode ser determinado esse número segundo a tabela abaixo.

Tabela 9.4 Circuitos reservas Fonte: [MAMEDE,2015]

Número de circuitos	Número de circuitos reserva
Até 6	2
De 6 a 12 inclusive	3
De 12 a 30 inclusive	4
Mais de 30	15% do numero de circuitos

9.2 Técnicas de canalização

Caso seja uma instalação externa, há que considerar a separação dos suportes ou braceletes, que dependendo do tipo de tubos e a direcção ela varia. Com ajuda da tabela 9.5 pode-se determinar essa separação.

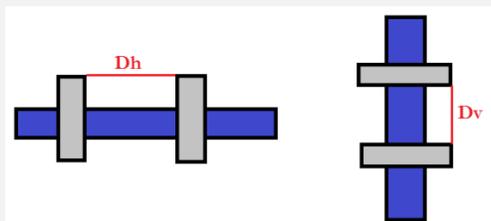


Figura 9.5 Canalização externo Fonte: [Autor]

Tabela 9.5 Distancias máximas entres suportes na canalização externa Fonte: [MAMEDE,2015]

Distância máxima entre suportes (mm)				
Diâmetro Externo (mm) do tubo rígido circula	Até 9	10-15	15-20	>20
Dh- Distância Max entre suportes horizontal	250	300	350	400
Dv-Distancia Max entre suportes na vertical	400	400	450	550

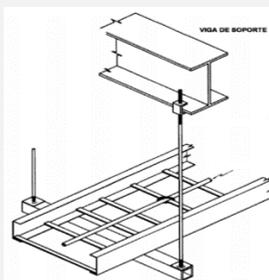


Figura 9.6 Canalização externa com calha rígido metálico Fonte: [Autor]

A figura 9.6 apresenta um tipo de canalização geralmente aplicada em armazéns, oficinas ou espaços muito grandes. Também pode ser aplicada quando pretende se fazer uma canalização que apresente muitos condutores.

Tabela 9.6 Distancia de separação entre fixadores de calha rígido metálico Fonte: [Mamede,2015]

Tamanho do Electroduto rígido metálico (in)	Distancia entre elementos de fixação (m)
$\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$	3
1	3,7
$1\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	4,3
2 - $2\frac{1}{2}$	4,8
Maior ou igual a 3	6

9.3 Algumas dicas na canalização de uma instalação eléctrica

- ☞ Evitar trocos ter trocos com mais de 15 metros de extensão
- ☞ Evitar cruzamento entre os tubos/calhas
- ☞ Nas caixas de derivação ter no máximo 4 a 5 tubos conectados a eles
- ☞ Limitar o numero de condutores por tubo em um valor de 8 a 9 em cada tubo.

Em uma instalação que envolva uma laje deve-se em primeiro começar por ela.



Figura 9.7 Canalização na laje Fonte: [FOLEY,1983]

Não pode ser usado tubo flexíveis nessa canalização e deve-se por suportes sobre os tubos e garantir que não sejam amolgados a quando do enchimento da laje.

Após a canalização da laje, poderá se fazer a marcação da canalização do interior ou exterior do edifício, que dependendo do tipo, varia a forma de marcação.

- ☞ Canalização externa ou a vista – sua marcação e feita por meio de giz
- ☞ Canalização embecida ou interna-sua marcação é feita por meio de roço.

Na marcação por roço não se deve aplicar muita força, apenas o necessário para abrir o caminho do tubo, com vista a assegurar a integridade da instrutura.

☛ Plano de segurança no trabalho

Para poder realizar qualquer actividade, é necessário que se garanta condições favoráveis e seguras de trabalho, para tal deve se:

- ☞ Identificar os riscos (classificá-los);
- ☞ Desenhar um plano organizacional de segurança;
- ☞ Implementada durante a execução dos trabalhos;
- ☞ Avaliar a eficiência do plano e redesenhar.

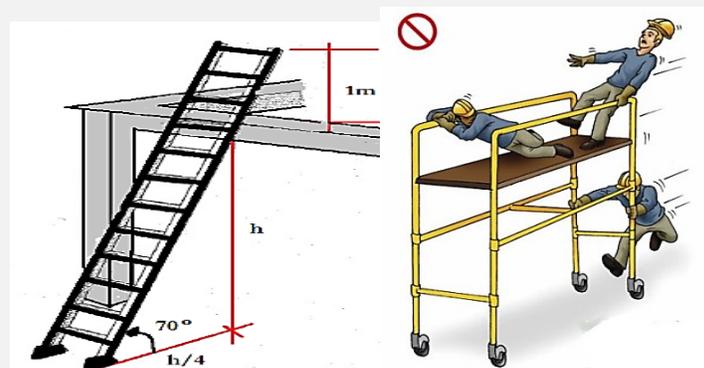


Figura 9.8 Montagem correcta de um escadote, movimento incorrecto do andaime Fonte: [Autor]

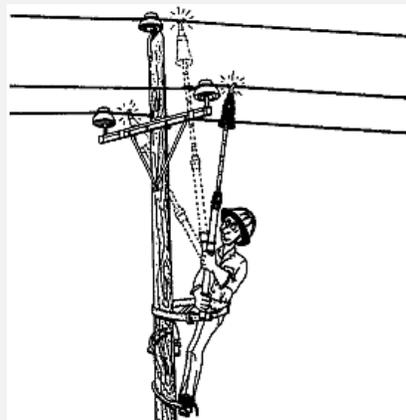


Figura 9.9 Forma segura de escalar um poste Fonte:[FOLEY,1983]



Figura 9.10 Isolamento e sinalização Fonte:[FOLEY,1983]

Marcação de canalizações embebidas

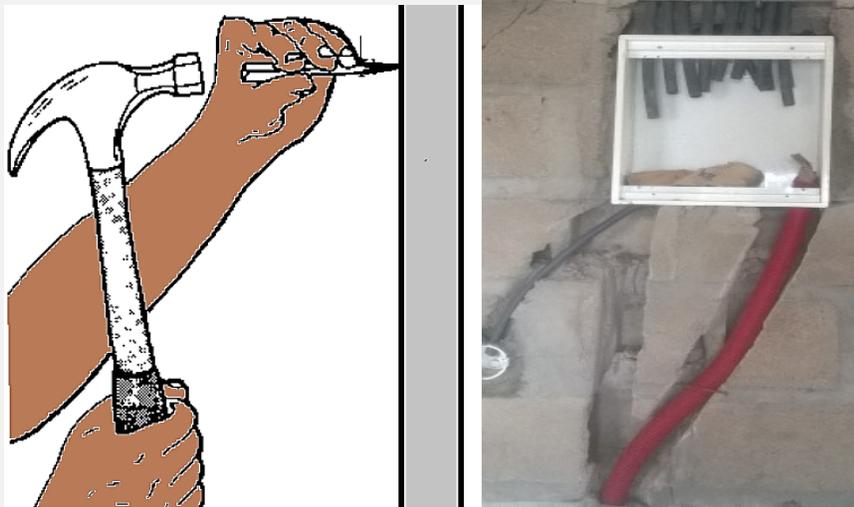


Figura 9.11 Abertura do roco Fonte:[Autor]

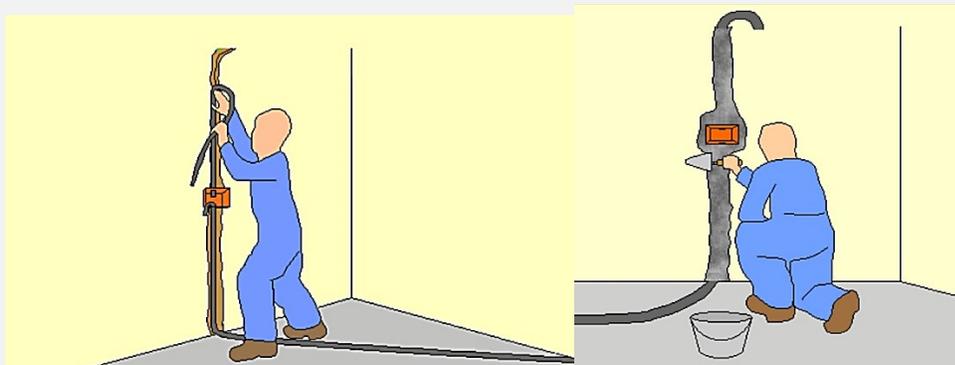


Figura 9.12 colocação dos tubos Fonte:[AAT-CIE,2006]

Enfiamento

É o processo pelo qual são embutidos condutores nas canalizações ,sejam elas a vista ou embebidas .No enfiamento há técnicas a considerar como apresenta a figura 9.13

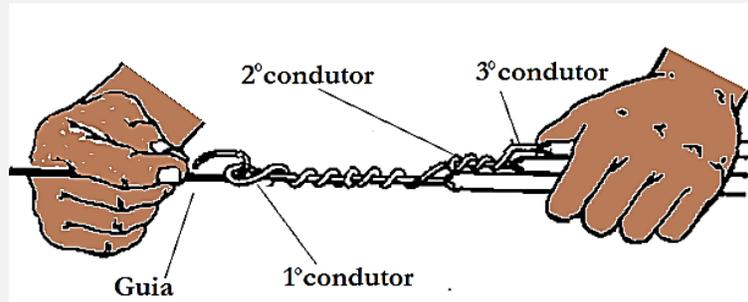


Figura 9.13 Técnicas de enfiamento Fonte:[Autor]

Antes de amarar ,deve-se por a guia na canalização até o outro lado na qual se tem o rolos dos fios/cabos para seguidamente puxar os cabos conforme a figura 9.14



Figura 9.14 Enfiamento em instalações embebidas Puxando os cabos Fonte: [AAT-CIE,2006]

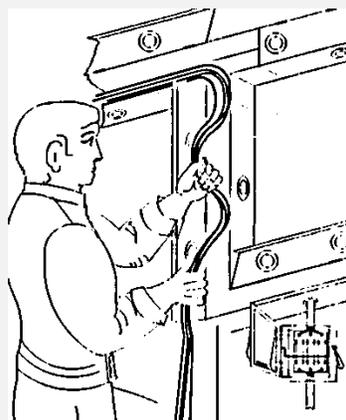


Figura 9.15 enfiamento em calhas Fonte:[AAT-CIE,2006]

A quando da montagem de uma instalação seja ela embebida ou à vista, há que tomar em conta os comprimentos dos circuitos, pois estes poderão ditar o custo da instalação. Nos últimos anos o preço do cobre dobrou no mercado o que fez com que os fios se tornassem mais caros, daí a necessidade de se escolher caminhos mais curtos de um circuito.

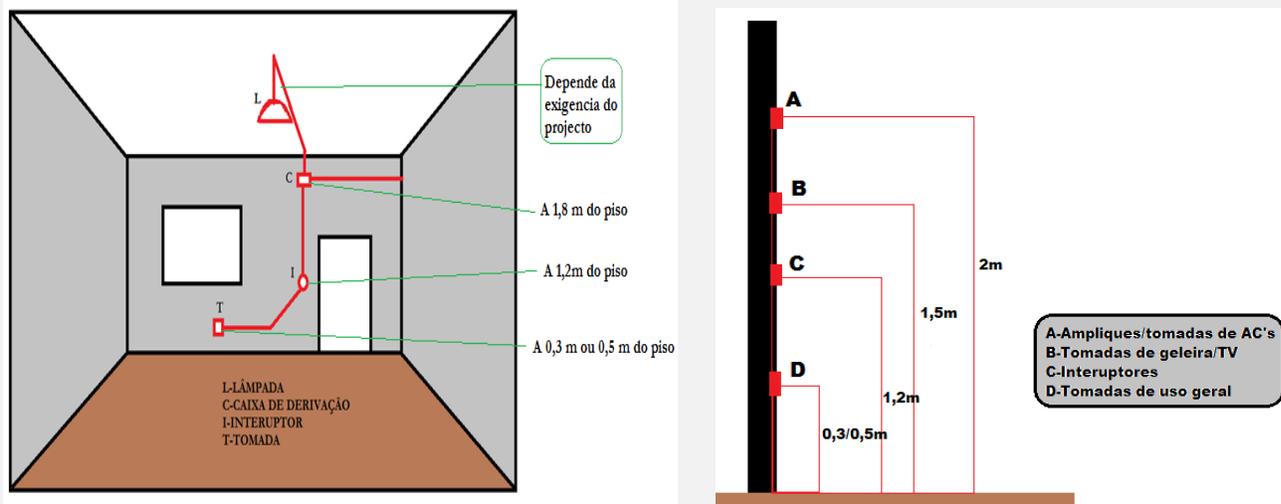


Figura 9.16 Alturas padrões de aparelhos Fonte: [Autor]

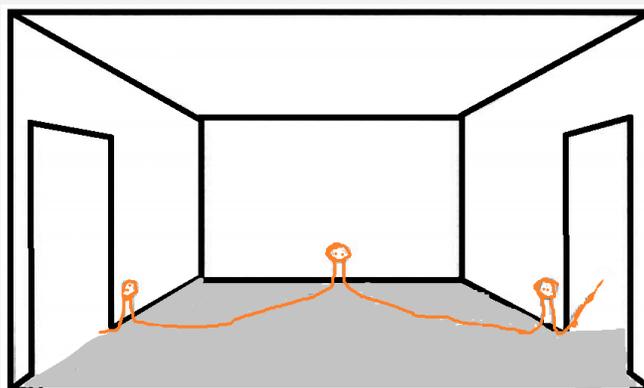


Figura 9.17 Instalação subterrânea Fonte: [Autor]

A figura 9.18 apresenta uma técnica muito produtiva quanto a economia dos cabos/fios em uma instalação eléctrica, pós ela nos possibilita ter caminhos directos de interligação no circuito.

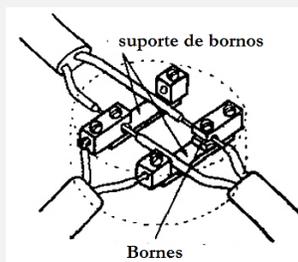


Figura 9.18 Técnica de interligação no ponto de derivação Fonte: [Autor]

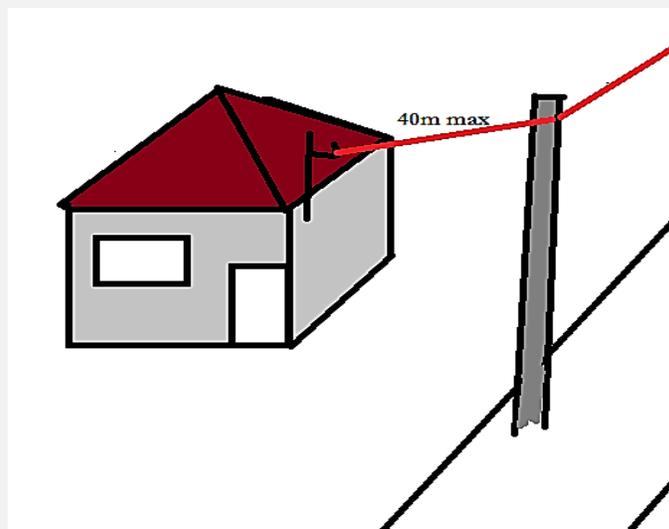


Figura 9.19 distancia máxima recomendada de uma baixada Fonte: [Autor]

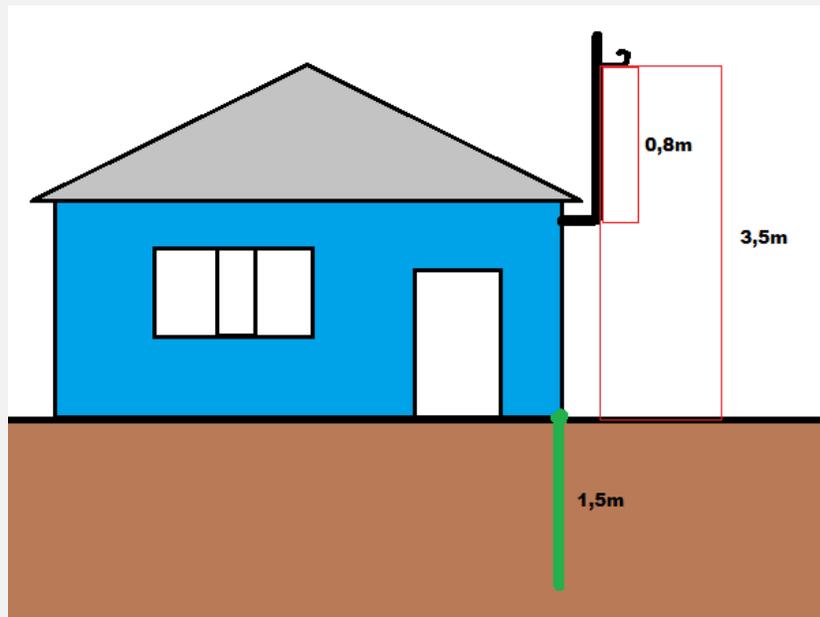


Figura 9.19.1 Distancia mínimas recomendadas de uma baixada Fonte: [Autor]

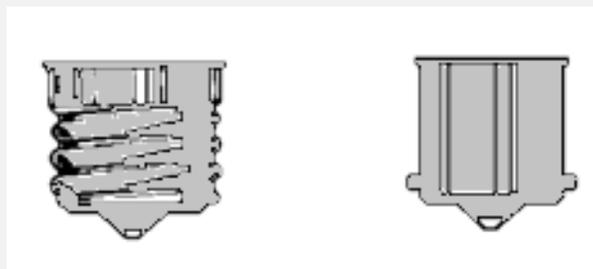


Figura 9.20 Suportes de lâmpadas Rosca e baioneta Fonte: [Autor]

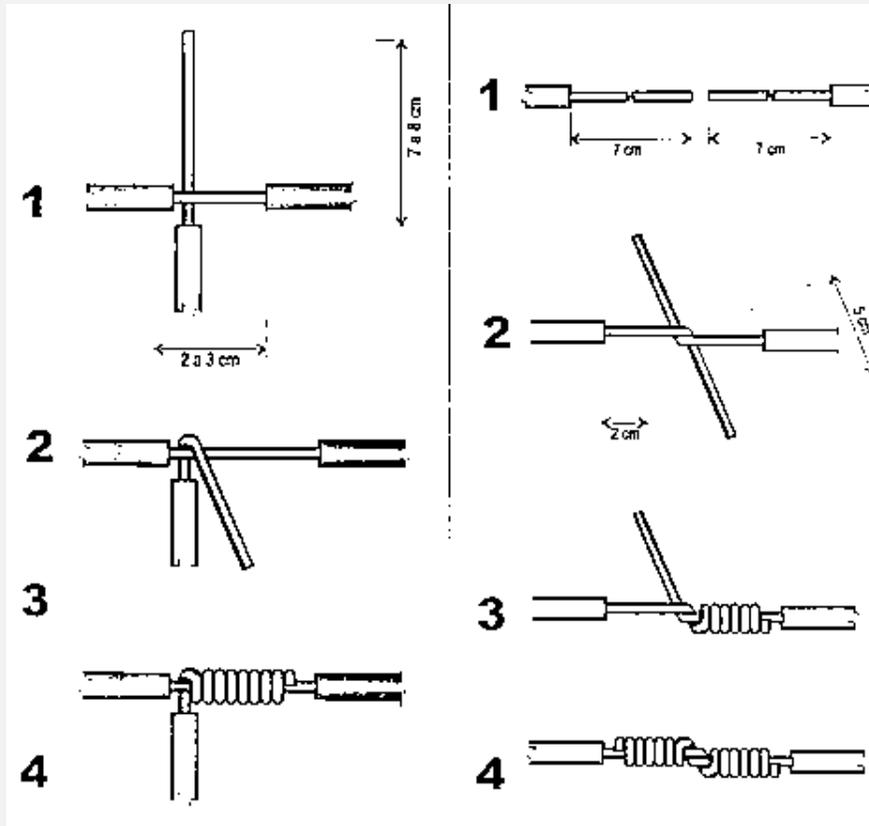


Figura 9.20.1 Técnicas de ligamento de condutores Fonte: [PIRELL]

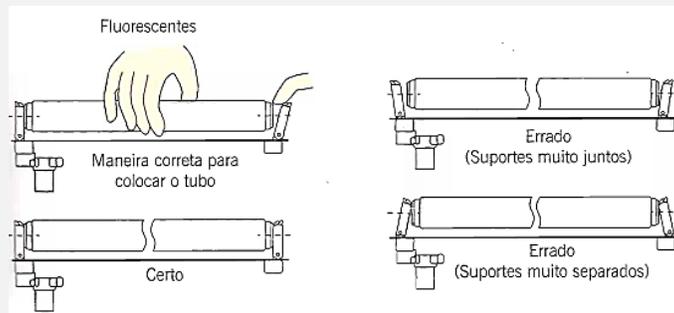


Figura 9.23 Manuseamento das lâmpadas fluorescentes Fonte: [PIRRELE,2003]

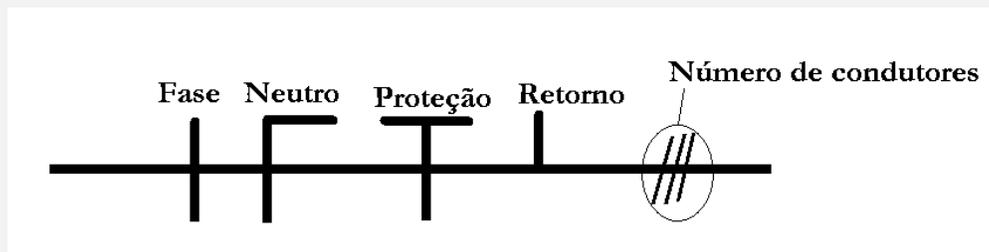


Figura 9.24 Representação de Condutores Fonte: [Autor]

Montagem do posto de transformação

Na montagem de um PT há que criar condições que permitam que os apoios tenham boa resistência mecânica a ventos; para tal são aplicadas espias ou escoras segundo ilustrado na figura abaixo.

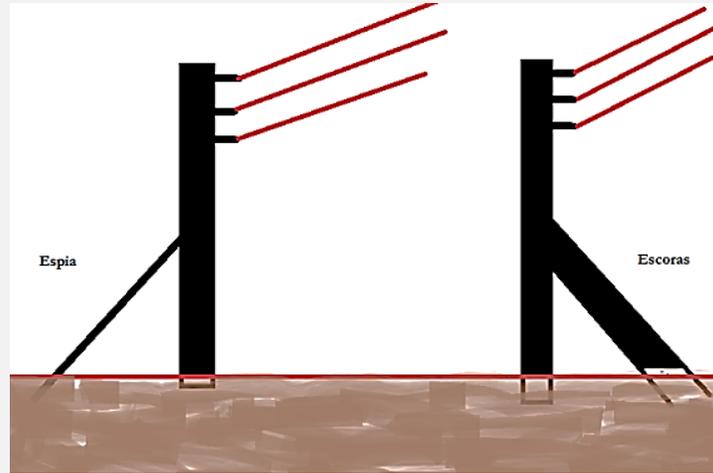


Figura 9.21 Espias e escoras Fonte: [Autor]

Podemos determinar as alturas de espiamento pelas expressões abaixo apresentados.

$$H_{util} = H_{poste} = H_{encastramento} \quad H_{encastramento} = \frac{H_{poste}}{10} + 0,5 \quad H_{espias/escoras} = \frac{2H_{util}}{3}$$

Dependendo da disposição dos condutores da rede em média tensão deve-se determinar as alturas mínimas das cruzetas a receber essa linha.

Com o objectivo de aumentar a resistência do encastramento dos apoios é aplicado a seguinte técnica conforme ilustra a figura

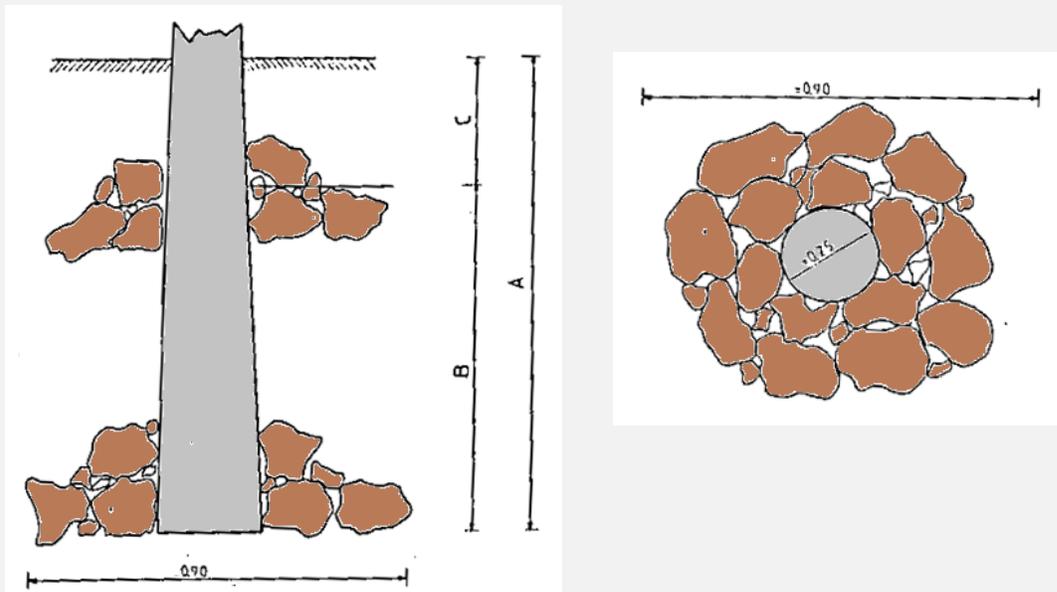


Figura 9.21.1 Reforço do apoio Fonte: [Autor]

Tabela 9.22 Distâncias de reforço

Altura do apoio (poste) m	Profundidade de encastramento m	B m	C m
12,25	1,8	1,2	0,6
15,0	2,0	1,3	0,7
18,0	2,30	1,5	0,8

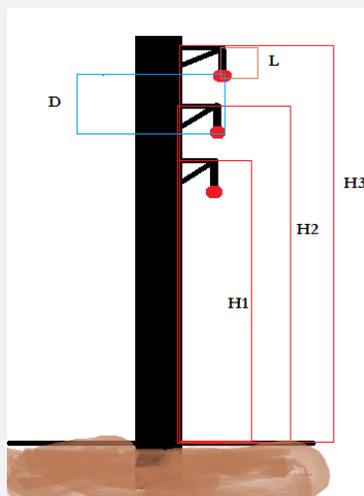


Figura 9.22 Alturas das cruzetas numa disposição vertical da linha Fonte:[Autor]

$$H_1 = 5,3 + \frac{U_n \text{ em kV}}{150} + \text{Flexa máxima} + L$$

$$H_2 = H_1 + L + \text{Distancia entre a cruzeta 1 e o condutor 2}$$

$$H_3 = H_2 + L + \text{Distancia entre a cruzeta 2 e o condutor 3}$$

Os órgãos e aparelhos mais importantes devem ser instalados em locais acessíveis para facilitar a sua manobra. A existência das terra de protecção e serviço é de carácter obrigatório

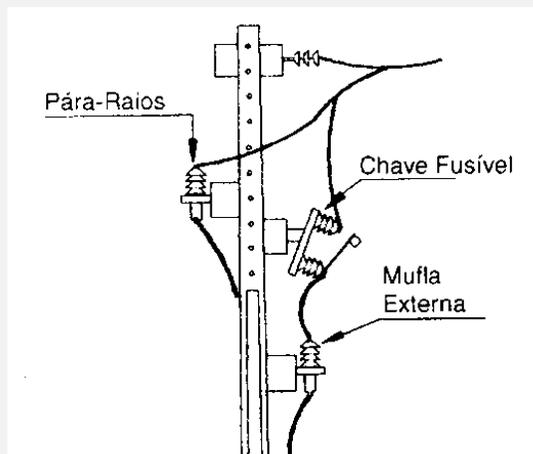


Figura 9.22.1 Localização dos Pára-raios e Chave Fusível Fonte: [Autor]

Sinalização comuns em instalações eléctricas

Sinalização de proibição

Este símbolo de segurança transmite uma acção que não deve ser executada ou que deve ser interrompida de imediato.



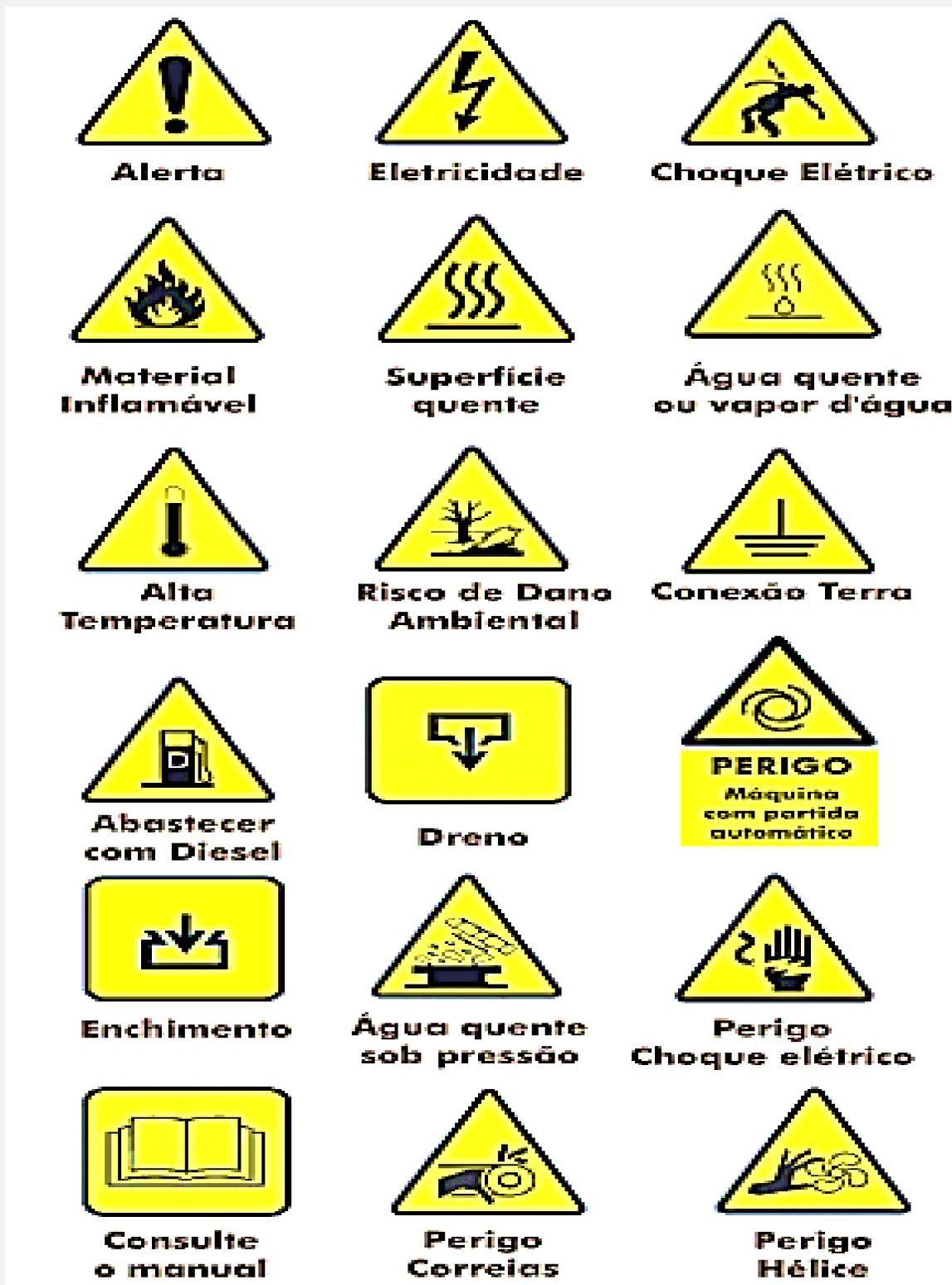
Sinalização mandatária

este símbolo de segurança transmite uma acção que deve ser executada de maneira a evitar o perigo.



Sinalização de alerta

Este símbolo transmite informação preliminar relacionada a natureza do perigo e como evitá-lo.



10

Eficiência energética e correcção de factor de potência

O uso da energia eléctrica de forma racional, é equiparada a todos sistemas de gerência de outras formas de energia. De forma análoga podemos observar uma intuição de selecção de viatura correcta no caso a seguir apresentado. Um individuo pretende viajar e tem a sua disposição três vias, um via arenosa, uma montanhosa e uma via cheia de lama. Sabendo que ele tem três viaturas, nomeadamente um tractor, uma viatura Honda, e uma viatura Ford Ranger V8. Qual seria a viaturas aplicáveis a cada tipo de via? Sem nenhuma análise da situação pode se aplicara qualquer das vias viaturas para qualquer das vias, porem o objectivo principal do ser humano é tornar cada vez mais, eficientes as formas de aplicação de energia.

Objectivos de uma gerência de energia

- ☞ Economia financeira
- ☞ Economia energética
- ☞ Redução de esforços
- ☞ Alto rendimento
- ☞ Redução de tempo (atraso)
- ☞ Conforto
- ☞

Quando o assunto é qualidade de energia eléctrica, a opinião da mesma depende da posição do individuo no sistema eléctrico, isto é, para os do lado da geração a opinião sobre qualidade não é mesma sobre os que estão do lado de consumo. Além da posição do individuo também faz parte da avaliação de qualidade o tipo do cliente, sendo que um cliente domestica e um cliente industrial tem prioridades diferentes e níveis de exigências distintos.

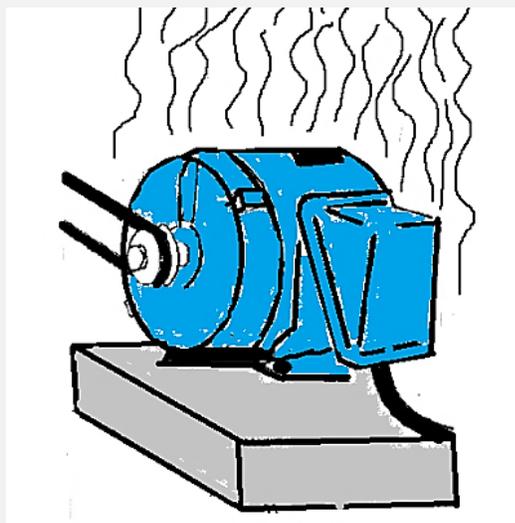


Figura 10.1 Motor sobreaquecendo Fonte: [Autor]

Elementos principais de avaliação da qualidade de energia

- ☞ **Continuidade** – Esta característica mede ou quantifica quantas vezes a rede tem ou teve interrupções, pós uma energia de boa qualidade pressupõe – se que não tem nenhuma interrupção.
- ☞ **Constância** – Esta mede a fidelidade das características de pré-estabelecidas pela rede.
- ☞ **Confiança** – Assim como qualquer outro serviço, na energia eléctrica esta relação pode ser medida em função da comunicação da concessionária com o cliente por meios como telefone, correio electrónico ou mesmo presencial, importa nesta a satisfação do cliente quanto ao atendimento.
- ☞ **Flexibilidade** – Podemos atribuir essa característica ao tempo de resposta quanto as existência de fchas ou mesmo sobrecarga. Pós quando se idealiza uma rede eficiente pensa-se que possa responder a variação de demanda.

Sustentabilidade energética

A questão de sustentabilidade é de maior interesse dos produtores da energia eléctrica, porem além da sustentabilidade existem outras questões tais culturais, sociais, económicas.

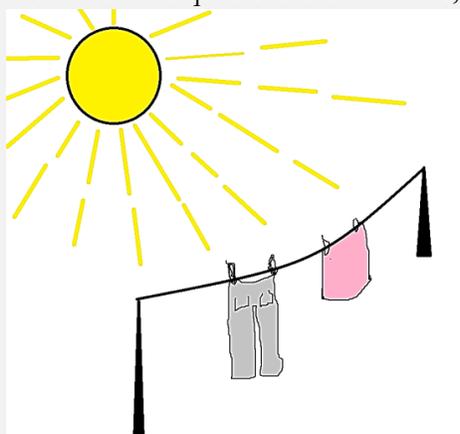


Figura 10.2 Aplicação da energia da natureza Fonte: [Autor]

A elaboração de um plano de uso racional de qualquer tipo de forma energia obedece um fluxograma como apresentado Elektro em 2012.

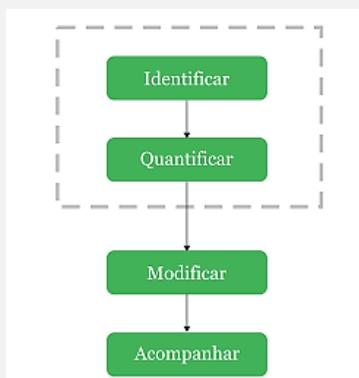


Figure 10.3 Programa de uso racional de energia Fonte: [Elektro,2012]

Técnicas de economia energética

1.0 Em instalações residenciais

- ☞ Enquanto não estiver na residência manter toda iluminação desligada.
- ☞ Durante o dia manter as janelas abertas e desligar as lâmpadas.
- ☞ Caso seja possível aplicar clarabóias, pós possibilita usa-las nas noites de lua cheia.
- ☞ Não demorar no banho, pós os chuveiros eléctricos são grande consumo.
- ☞ Uso de equipamentos modernos que sejam de baixo consumo.
- ☞ Uso de lâmpadas de baixo consumo
- ☞ Uso de aquecedor solar em vez do eléctrico
- ☞ Desligar os AC's nos locais que estão vários.
- ☞ Desligue o televisor se ninguém estiver assistindo;
- ☞ Evite dormir coma TV ligada. (Usar time para desligar)
- ☞ Evitar engomar todos os dias, reunir roupa engomar um dia por semana.
- ☞ Use máquina de lavar uma vez de semana
- ☞ Usar ventilação natural quando possível
- ☞ Manter as lâmpadas e luminárias limpas para aproveitar toda a luminosidade existente;
- ☞ Utilizar somente lâmpadas que possuam selo de eficiência energética
- ☞ Quando usar AC manter portas e janelas fechadas enquanto o aparelho estiver funcionando
- ☞ As geleiras devem ser instaladas em local bem ventilado, longe do fogão e áreas expostas ao sol.

2.0 Em instalações industriais

- ☞ Uso de clarabóias em locais possíveis
- ☞ Aplicação de novas tecnologias como motores de imas permanentes
- ☞ Aplicação de sistema automático de correcção de factor de potência
- ☞ Uso de lâmpadas de alta eficiência e baixo consumo
- ☞ Uso de aquecedor solar nos banheiros



Figura 10.4 Tempo de se estudar sistemas mais eficientes de poupança da energia eléctrica Fonte: [Autor]

2.1 Eficiência de energia

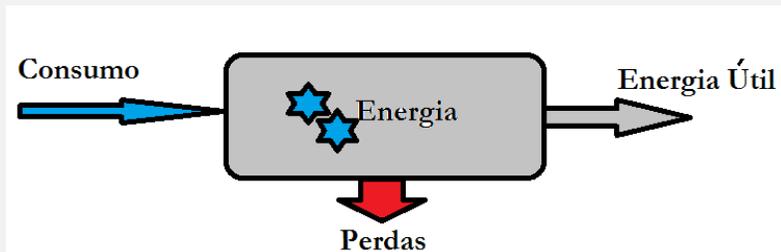


Figura 10.5 sistema energético Fonte: [Autor]

Aspectos necessários para um monitoramento eficaz:

- ☛ Conhecer o funcionamento normal de operação do sistema
- ☛ Conhecer os problemas que o sistema poderá enfrentar, suas causas e consequências;
- ☛ Saber escolher os equipamentos de medição para diagnosticar cada distúrbio;
- ☛ Determinar o número e locais de instalação dos instrumentos de monitoração;
- ☛ Determinar o limiar de disparo para o registro dos eventos;
- ☛ Determinar o tempo de monitoração;
- ☛ Estabelecer formas de armazenamento, comunicação e envio de dados;
- ☛ Calcular índices de qualidade da energia;
- ☛ Fornecer relatórios finais de diagnóstico do problema de forma clara e objectiva;
- ☛ Se possível propor soluções para o problema.

Em instalações industriais o equipamento mais preocupante no que concerne a qualidade é o motor eléctrico. Tomando como preço de motor gaiola de esquilo na correspondência de uma unidade por KW teremos em relação com os demais a comparação segundo a tabela 10.5.

Tabela 10.5 Precário dos motores Fonte: [Adaptado, vários]

Tipo de motor	Preço em relação ao motor gaiola de esquilo
Bobinado	1,8 a 2 vezes mais
Síncrono	2 a 2,5 vezes mais
Corrente contínua	3 a 4 vezes mais

Por este motivo os motores de gaiola são mais usados nas indústrias, e por outros motivos como :

- ☛ Fácil transporte
- ☛ Limpeza e simplicidade de comando
- ☛ Construção simples
- ☛ Melhor rendimento
- ☛ Robustez
- ☛ Baixo preço

Motivação de qualidade de energia

- ☞ Equipamentos sensíveis as certas variações (Tensão, frequência);
- ☞ Racionalização e conservação da energia eléctrica (Sustentabilidade e economia);
- ☞ Conscientização dos consumidores (hábitos);
- ☞ Integração dos processos
- ☞ Vida útil dos componentes e equipamentos eléctricos.

10.1 Eficiência nos motores

Os motores eléctricos são os maiores consumidores de energia eléctrica nos sectores industriais e no mundo, daí que a procura de forma de torna-lo mais económicos é incansável e a todo vapor.

Tabela 10.1 Consumo energético de motores eléctrico por hora Fonte: [CATEC,2000]

Potencia do motor trifásico (HP)	Consumo de energia (kWh)
5	4.39
10	8.67
15	13.00
20	17.00
30	25.40

Tabela 10.1.1 Distribuição de perdas típicas dos motores padrão Fonte:[TECSUP,2004]

Tipo de perdas	Perdas em %			
	5 HP	50 HP	100 HP	200 HP
Estatore (Bobinas)	40	38	28	30
Rotor (Bobinas)	20	22	18	16
Nucleo magnetico	29	20	13	15
Atrito e Vetilancao	4	8	14	10
Perdas adicionais	7	12	27	29
Eficiencia %	83	90,5	91,5	93

Tabela 10.1.2 Eficiência mínima de motores de alta eficiência Fonte:[TECSUP,2004]

Potência em hp	Eficiencia %		
	6 polos	4 polos	2 polos
5	87,5	87,5	87,5
10	89,5	89,5	89,5
25	91,7	92,4	91
50	93	93	92,4
75	93,6	94,1	93
100	94,1	94,5	93,6
150	95	95	94,5

Tabela 10.1.3 Eficiência nominal para motores padrão Fonte:[TECSUP,2004]

Potência HP	Intervalo de eficiência	Eficiência média
5	78-85	82
10	81-88	85
25	85-90	88
50	88-92	90
75	89.5-92,5	92
100	90-93	91,5
150	91-93,5	92,5
200	91,5-94	93
250	91.5-94,5	93,5

Para um motor que operam durante um período T horas durante o ano podemos determinar o seu consumo energético pela $E = T \times P_{watts}$ tomando em consideração o seu rendimento para um potencia fornecida em CV e determinada essa energia pela expressão:

$$E = 0,736 \times T \times P_{cv} \times \frac{1}{\eta}$$

É sabido que existem dois tipo de motores os de alto rendimento e rendimento padrão.

Para fins de análise devera-se calculas o consumo do motor em alto rendimento e o padrão, por fim achar a suas diferenças.

$$\Delta E = E_{padrao} - E_{Alto\ rendimento}$$

ΔE – Economia energetica anul [kW/ano]

Com a valor da economia energética poderá se decidir a substituição ou não, porem não é suficiente essa informação, podendo também determinar o tempo de retorno do investimento.

$$TRI = \frac{P_{Alto\ rendimento} - P_{Padrao}}{\Delta E \times Taxa\ de\ energia}$$

$P_{Alto\ rendimento}$ – Preço do motor de alto rendimento [Meticais]

P_{Padrao} – Preço do motor padrão [Meticais]

TRI- Tempo de retorno de investimento [Anos] Taxa de energia [Meticais/kW]



Nos preços dos motores devera se contar alguns custos, como a montagem, desmontagem e transporte.

A avaliação da eficiência dos motores partem do projecto da instalação até ao período de uso incluído as manutenções,

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{P_{util}}{P_{nominal}} \geq 0,60 \text{ Este motor sua aplicação não é economia} \\ \frac{P_{util}}{P_{nominal}} < 0,60 \text{ Motor económico} \end{array} \right.$$

Em caso de motor não económico uma forma simplificada de melhorar é a aquisição de outro motor conforme esta expressão:

$$P_{novo\ motor} = (1,1 - 1,3) \times P_{motor\ velho}$$

E o investimento deve satisfazer a seguinte condição:

$$I_{novo\ motor} < T_{restante\ de\ vida\ do\ motor\ velho} * E_{motor\ velho}$$

Vantagens do motor de alto rendimento

- ☞ Menor peso
- ☞ Economia energética (melhor com um alto factor de potência)
- ☞ Suporte a variadas condições de trabalho
- ☞ Menor stress térmico
- ☞ Bom rendimento em carga
- ☞ Maior tempo de vida útil

A correcção de factor de potência em motores pode ser feita com recurso a expressão:

$$kVAr = \frac{P_{cv} \times 0,736 \times \Delta t \times g \times \varphi}{\eta \%} \times 100\%$$

kVAr – É a potencia reactiva do banco de condensadores necessários para tal correcção.

Custos operacionais

$$CO = 0,736 \times T \times P_{cv} \times \frac{1}{\eta} \times Taxa\ de\ energia$$

O que fazer quando o motor danificar?

A queima de motor cria uma situação de tomada de decisão entre repara ou substituir o motor ,e esta decisão pode ser influenciada por::

- ☞ Custos operacionais do motor reparado e do motor novo;
- ☞ Idade do motor;
- ☞ Características eléctricas ou mecânicas especiais;
- ☞ Necessidade de ter o motor de volta em operação imediatamente.
- ☞ Custos de reparo e de aquisição de um motor novo;

Segundo estudo feito pelo grupo Abraman em brasil pode-se chegar a conclusão da tabela 10.1.4

Tabela 10.1.4 Reparação ou substituição Fonte: [Autor]

	Potências		
Novos	Até 7,5CV	10 a 40 CV	Acima de 40CV
Velhos (10 anos)	Até 20CV	20 a 40 CV	Acima de 40 CV
Observação	Substituir	Avaliar o caso	Avaliar o caso

Benefícios dos Motores Novos

- ☞ Agilidade na rotina de manutenção
- ☞ Redução de serviços
- ☞ Possibilidade de melhoria da especificação
- ☞ Prazo de garantia
- ☞ Economia nos custos com energia eléctrica
- ☞ Renovação gradual do parque de motores
- ☞ Confiabilidade operacional

Um outra questão de eficiência, é o dimensionamento do motor para uma dada aplicação, dado que este dimensionamento pode prejudicar o orçamento desde a compra, instalação e operação.

Existem quatro tipos de métodos de dimensionamento do motor nomeadamente:

- ☞ Método das perdas medias

$$\Delta P_{media} = \frac{\Delta P_1 t_1 + \Delta P_2 t_2 + \dots + \Delta P_n t_n}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_n} \text{ com a condição } \Delta P_{nominal} \geq \Delta P_{media}$$

- ☞ Método de corrente equivalente

$$I_{equivalente} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \text{ com a condição } I_{nominal} \geq I_{equivalente}$$

$$\left(\frac{I_{eq}}{I_n}\right)^2 \leq 1 \text{ pode aplicar qualquer classe de motor}$$

$$\left(\frac{I_{eq}}{I_n}\right)^2 > 1 \text{ Faz-se uma análise da classes a aplicar entre F e H } \begin{cases} \leq 1,25 - F \\ \leq 1,56 - H \end{cases}$$

- ☞ Método de momento equivalente

$$M_{equivalente} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \text{ com a condição } M_{nominal} \geq M_{equivalente}$$

- ☞ Método de potencia equivalente

$$P_{equivalente} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \text{ com a condição } P_{nominal} \geq P_{equivalente}$$

Em casos de uma rampa de potência, corrente, perdas ou momentos calcula o valor médio da rampa pela expressão:

$$M_{rampa} = \sqrt{\frac{M_1^2 + M_1 M_2 + M_2^2}{3}} \quad FD = \frac{\sum t_{trabalho}}{Tempo \text{ do ciclo}}$$

Em todos casos deve-se verificar uma condição de $M_{max \text{ motor}} \geq (1,3 - 1,4) \times M_{max \text{ carga}}$

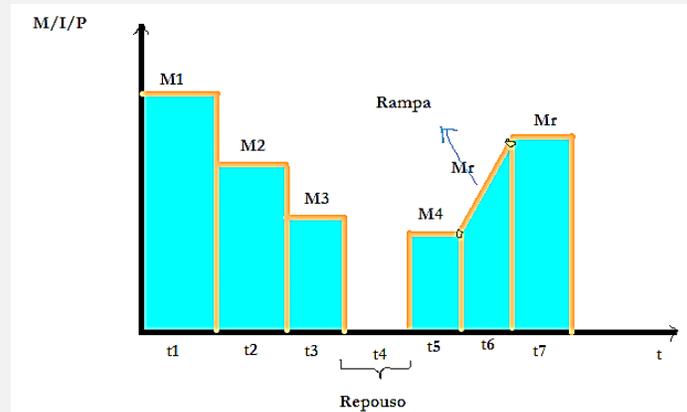


Figura 10.1 Ilustração da característica de uma carga Fonte: [Autor]

Após a aplicação de qualquer dos métodos a potência do motor a ser comprado é determinado pela expressão $P_{equivalente}' = P_{equivalente} \sqrt{\frac{FD_{calculado}}{FD_{nominal}}}$

Em casos de cargas com rampas e repouso como a imagem 10.1.1 ilustra, há que considerar o período de repouso no dimensionamento.

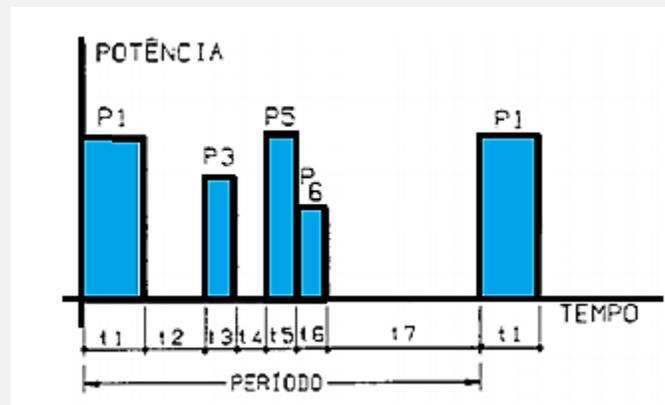


Figura 10.1.1 Característico de carga com repouso Fonte:[Autor]

$$P_{equivalente} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_3^2 t_3 + P_5^2 t_5 + P_6^2 t_6}{t_1 + t_3 + t_5 + t_6 + \frac{1}{3}(t_2 + t_4 + t_7)}}$$

10.1 Correção de factor de potência

Os equipamentos de uma instalação industrial são em sua maioria consumidores parciais de energia reactiva indutiva a qual não produz nenhum trabalho útil. A energia reactiva indutiva apenas é necessária para a formação do campo magnético dos referidos equipamentos.

As fontes de potência reactiva podem ser:

1. Geradores
2. Motores síncronos superexcitados (compensador síncrono);
3. Condensadores

O **factor de potência** é o co-seno da diferença angular entre tensão e corrente ou também o co-seno do ângulo da impedância da carga.

- ☛ Para cargas/circuitos só contém reactância se o factor de potência for nulo
- ☛ Factor de potência atrasado significa que a corrente está atrasada em relação a tensão, assim, o circuito/carga é predominantemente indutivo;
- ☛ FP adiantado implica que a corrente está adiantada em relação à tensão e o circuito/carga é predominantemente capacitivo;
- ☛ Para cargas/circuitos puramente resistivos e o factor de potência é unitário;

Factores que influencia para baixo factor de potência

- ☛ Transformadores em vazio ou carga leve
- ☛ Elevada quantidade de motores de pequena potência
- ☛ Uso de rectificadores invés do síncrono-gerador
- ☛ Tensão acima da nominal (sobretensão)
- ☛ Equipamentos electrónicos
- ☛ Motores superdimensionados
- ☛ Fornos a arco e indução electromagnética
- ☛ Lâmpadas fluorescentes desprovidos de reactores de alto factor de potência

Consequências do baixo factor de potência

- ☛ Sobrecarga dos alimentadores
- ☛ Aumento nas perdas de potência
- ☛ Baixo nível de tensão
- ☛ Aumento no custo de energia

Vantagens da correção do factor de potência

- ☛ Redução dos custos de energia
- ☛ Redução das perdas de potência
- ☛ Melhoria do nível de tensão
- ☛ Melhoria na operação dos equipamentos
- ☛ Diminuição da potência aparente exigida da fonte.

Vantagens para a Concessionária

- ☛ A potência reactiva deixa de circular no sistema de transmissão e distribuição;
- ☛ Redução as perdas pelo efeito Joule;
- ☛ Aumenta a capacidade do sistema de transmissão e distribuição
- ☛ Aumenta a capacidade de geração com intuito de atender mais consumidores;
- ☛ Redução dos custos de geração



Em geral os condensadores de baixa tensão são até 50kVAr e os de média tensão são até 200kVAr.

10.2 Localização de condensadores na instalação industrial

A correcção do factor de potência ser feita instalando os condensadores de cinco maneiras diferentes, tendo como objectivo a conservação de energia e a relação custo/benefício:

1.0 Correção na entrada da energia de alta tensão: Faz-se uma correcção do o factor de potência vista pela concessionária

2.0 Correção na entrada de energia de baixa tensão: Permite uma correcção bastante significativa, normalmente com bancos automáticos de condensadores. Utiliza-se este tipo de correcção em instalações eléctricas com elevado número de cargas com potências diferentes e regimes de utilização pouco uniformes.

3.0 Correção por grupos de cargas: Os condensadores são instalados de forma a corrigir o factor de potência em um sector ou um conjunto de pequenas máquinas (<10 cv).

4.0 Correção localizada: é obtida instalando-se os condensadores junto ao equipamento que se pretende corrigir o factor de potência.

4.0 Correção mista: Do ponto de vista de conservação de energia, considerando aspectos técnicos, práticos e financeiros, torna-se a melhor solução.

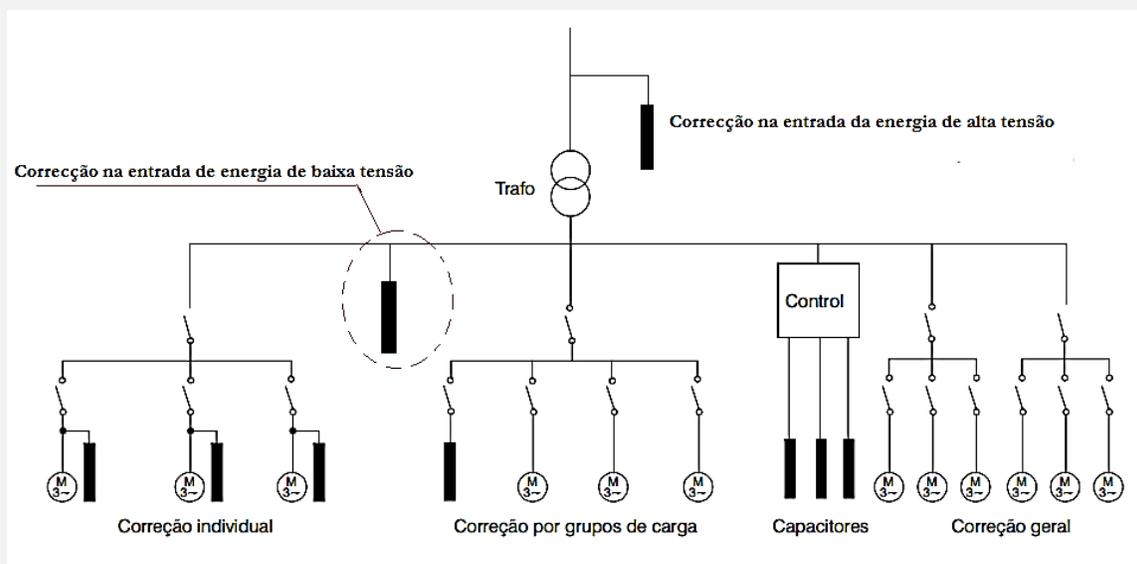


Figura 10.2 Localização de corretor de factor de potência Fonte: [Adaptado, catálogo WEG]

10.3 Estimativa do factor de potência

1.0 Projecto de uma instalação

Método do ciclo de carga operacional: Baseia-se na determinação dos consumos previstos na base horária considerando o ciclo de operação diário da instalação

Método analítico: Baseado na resolução do triângulo de potências em que cada carga é considerada individualmente, calculando-se sua demanda activa e reactiva com base no seu FP nominal. As demandas são somadas e o FP médio da carga é estimado.

2.0 Instalações em uso

a) Método dos consumos médios mensais: Consiste em tabular os consumos de energia activa e reactiva fornecidos na conta de energia eléctrica emitida pela concessionária por um período igual ou superior a 6 meses.

b) Método analítico: Equivalente ao método para instalações em projecto.

c) Método das potências medidas: Baseado nas medidas de potência fornecidas por medidores digitais de energia eléctrica. Utilizando-se dessas medidas é possível fazer o levantamento do FP instantâneo (15 min). Os dados são disponibilizados em planilha Excel pela concessionária

10.4 Como corrigir o factor de potência

Modificação da rotina: Adopção de que visam a manter os equipamentos eléctricos em plena carga, e evitando que funcionem em vazio;

Instalação de motores síncronos superexcitados: Neste caso o motor trabalha com uma corrente/tensão de excitação acima de valores nominais fazendo assim que ele injecte ao sistema uma potência capacitiva.

Instalação de condensador

☛ Método analítico – A potencia do condensador para elevar o factor de potência da instalação Fp_1 para Fp_2 Pode ser calculado pela expressão:

$$P_{condensador} = P_{activa da instalação} \times (tag\varphi_1 - tag\varphi_2)$$

☛ Método tabular

A tabulação da diferença das tangentes considerado uma série de ângulos do factor de potencia original e do desejado. Com recurso a expressão abaixo temos:

Valor a consultar na tabela é o $\Delta tg\varphi$

$$P_c = P_{act} \times \Delta tg$$

Fator de Potência Atual	Fator de Potência Desejado (F)														
	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
0,50	1,112	1,139	1,165	1,192	1,220	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,589
0,52	1,023	1,050	1,076	1,103	1,131	1,159	1,187	1,217	1,248	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500
0,54	0,939	0,966	0,992	1,019	1,047	1,075	1,103	1,133	1,164	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416
0,56	0,860	0,887	0,913	0,940	0,968	0,996	1,024	1,054	1,085	1,117	1,151	1,188	1,229	1,277	1,337
0,58	0,785	0,812	0,838	0,865	0,893	0,921	0,949	0,979	1,010	1,042	1,076	1,113	1,154	1,202	1,262
0,60	0,713	0,740	0,766	0,793	0,821	0,849	0,877	0,907	0,938	0,970	1,004	1,041	1,082	1,130	1,190
0,62	0,646	0,673	0,699	0,726	0,754	0,782	0,810	0,840	0,871	0,903	0,937	0,974	1,015	1,063	1,123
0,64	0,581	0,608	0,634	0,661	0,689	0,717	0,745	0,775	0,806	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,068
0,66	0,518	0,545	0,571	0,598	0,626	0,654	0,682	0,712	0,743	0,775	0,809	0,846	0,887	0,935	0,995
0,68	0,458	0,485	0,511	0,538	0,566	0,594	0,622	0,652	0,683	0,715	0,749	0,786	0,827	0,875	0,935
0,70	0,400	0,427	0,453	0,480	0,508	0,536	0,564	0,594	0,625	0,657	0,691	0,728	0,769	0,817	0,877
0,72	0,344	0,371	0,397	0,424	0,452	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761	0,821
0,74	0,289	0,316	0,342	0,369	0,397	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,706	0,766
0,76	0,235	0,262	0,288	0,315	0,343	0,371	0,399	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,604	0,652	0,712
0,78	0,182	0,209	0,235	0,262	0,290	0,318	0,346	0,376	0,407	0,439	0,473	0,510	0,551	0,599	0,659
0,80	0,130	0,157	0,183	0,210	0,238	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499	0,547	0,609
0,82	0,078	0,105	0,131	0,158	0,186	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,555
0,84	0,026	0,053	0,079	0,106	0,134	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503
0,86		0,000	0,026	0,053	0,081	0,109	0,137	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,342	0,390	0,450
0,88				0,000	0,028	0,056	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397
0,90						0,000	0,028	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,233	0,281	0,341
0,92								0,000	0,031	0,063	0,097	0,134	0,175	0,223	0,283
0,94										0,000	0,034	0,071	0,112	0,160	0,229
0,96												0,000	0,041	0,089	0,149
0,98														0,000	0,060

Figura 10.3 Correção de fator de potência Fonte: [catálogo WEG]

Algumas Relações matemáticas sobre o factor de potência

Triângulo potências- é um triângulo na qual é possível calcular o factor de potencia, ela representa a relação entre potências e o factor de potencia.

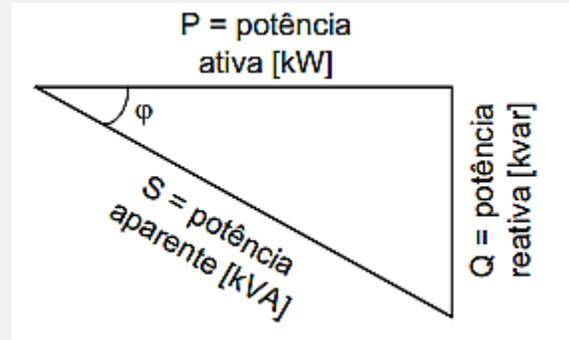


Figura 10.3.1 Triângulo de potencia Fonte:[Autor]

Com recurso ao triângulo de potencia podemos determinar o factor de potência pela expressão :

$$FP = \frac{P}{S} = \cos\varphi = \cos(\arctg \frac{Q}{P})$$

1.0 Capacidade

Após calculado a potencia dos condensadores para se fazer a correcção podemos determina a sua capacidade pela expressão abaixo:

$$C = \frac{1000 \times P_c}{2 \times \pi \times f \times V_n^2}$$

P_c – potencia em kVAr

V_n – Tensao nominal em kV

f – frecuencia nominal em Hz

C – Capacidade em μF

2.0 Redução de perdas de potência por efeito joule após a correcção do factor de potencia

$$\Delta P = \left[1 - \left(\frac{\cos\varphi_1}{\cos\varphi_2} \right)^2 \right] \times 100 \text{ [%]}$$

3.0 Corrente do seccionador dos condensadores

$$I_{seccionador} = 1,65 \times I_{condensador}$$

4.0 Fusível para a protecção dos condensadores

$$I_{Fusivel} = (1,65 - 1,8) \times I_{condensador}$$

5.0 Corrente do contactor

$$I_{contactor} = (1,35 - 1,4) \times I_{capacitor}$$

6.0 Corrente do alimentador do condensador

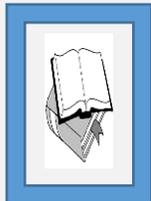
$$I_{cabo} \geq (1,65 - 1,8) \times I_{condensador} \quad \text{ou} \quad I_{cabo} \geq \frac{1}{3} \times I_{cabo \text{ do motot}}$$



Figura 10.3.2 Condensadores monofásico Fonte:[CTC-WEG]



A correcção do factor de potência por banco de condensadores não é apenas vantajoso, apresenta uma desvantagem considerável no que concerne a corrente de curto-circuito da rede em causa, ou seja, esse banco de condensadores aumenta a corrente de curto do sistema. A mesma ideia é comungada pelos técnicos aos motores de alto rendimento pensando-se de que é mais económico, nem sempre estes motores apresentam tal economia pós são assim classificados por um ensaio a 100% de carga, e na pratica (nas industrias) passam maior parte do tempo operando no intervalo de 40 a 80 % de carga, nesta condições sua economia é pior comparativamente os motores padrão.



Bibliografia

- [1] ALMEIDA, Jason, *Motores eléctricos-manutenção e testes*, 3ª edição Hemus
- [2] MAMEDE, João. *Instalações eléctricas industriais*. 6ª ed. Rio de Janeiro LTC editora.
- [3] MAMEDE, João. *Instalações eléctricas industriais*. 7ª ed. Rio de Janeiro LTC editora.
- [4] MAMEDE, João. *Manual de equipamentos eléctricos*. 3ª ed. Rio de Janeiro LTC editora. 2005
- [5] NISKIER, Júlio. *Manual de instalações eléctricas*. 1ª ed. Rio de Janeiro LTC editora. 1929
- [6] NEGRISOLI, Manuel, *Instalações Eléctricas*, São Paulo 1982
- [7] Apostila, *Manutenção eléctrica industrial*. Vitória-ES 2006
- [8] BBC, *Manual de instalações eléctricas-Ordem dos engenheiros porto-Portugal*, 1982
- [9] BOLOTINHA, Manuel. *Subestações –projecto, construção, fiscalização*. Edições técnicas 2017
- [10] CATEC, *Guia operacional de motores eléctrica*. Versão 2000
- [11] ITES-Paraninfo, *Reparacion y bobinado de motores eléctricos*
- [12] COCIAN, Luis Fernando, *Engenharia-uma breve introdução*. The BlueBook
- [13] ROSENBERG, Robert *reparacion de motores eléctricos*. GCICI,SA editores, México 1983
- [14] DT-7 WEG. *serviços de manutenção em motores de alta tensão, corrente contínua, geradores e serviços*
- [15] FOLEY, Joseph H *Fundamentos de instalaciones eléctricas* McGraw-Hill México 1983
- [16] MARTINS, Luís Sousa *Apontamentos para projecto de instalações eléctricas i,ii* Engenharia electrotécnica setúbal, Outubro de 2004
- [17] Diário da república, *Regras técnicas das instalações eléctricas de baixa tensão*, Portugal 2006
- [18] República de Moçambique, decreto 48/2007 instalações eléctricas
- [20] “Decreto Regulamentar nº 1/92”, Diário da Republica – I Série B, 18 de Fevereiro de 1992
- [21] República de Moçambique, Decreto Regulamentar n.º 90 84 de 26 de Dezembro 1984
- [22] “Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão”, Direcção Geral de Energia. Lisboa, Abril de 1993
- [23] “Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão”, Ministério da Economia e da Inovação. Portaria nº 949-A/2006 de 11 de Setembro.
- [24] Todas unidades pedagógicas da CENFIM-Lisboa
- [25] EDM, **Ligações em BT – Ramais** Soluções Técnicas EEM. Edição 1 Portugal 2015
- [26] NOGUEIRA, Hilário Dias *Manual técnico do electricista*. Publindústria Editores Porto 2013
- [27] Notas de aulas Instalações eléctricas do prof. Carlos T. Mitsumi no IFSC
- [28] HEIMER, *Instalacao de Grupo Motor Gerador*
- [29] BOLOTINHA, Manuel *Equipamentos Eléctricos de Corte e Protecção*, 2015
- [30] BOSSI, António *Instalações eléctricas* HENUS, 1978
- [31] ANTÓNIO, Benvindo *Maquinas eléctricas*, 2015

